万物简史

目　录

第一篇　浩瀚的太空

第一章　营造一个宇宙

无论怎么努力，你都永远想象不出质子有多么微小，占有多么小的空间，因为它实在太小了。

质子是原子极其微小的组成部分，而原子本身当然也小不可言。质子小到什么程度？像字母“i”上的点这样大小的一滴墨水，就可以拥有约5000亿个质子，说得更确切一点，就是要比组成1.5万年的秒数还多。因此，可以说，质子是极其微小的。

现在你已作好创建一个宇宙的准备。

我估计，你希望创建一个会膨胀的宇宙。不过，要是你愿意创建一个比较老式而又标准的大爆炸型宇宙，你还需要别的材料。事实上，你需要收集现有的一切东西——从现在到宇宙创建之时的每个粒子——把它塞进一个根本谈不上大小的极小地方。这就是所谓的奇点。

现在，准备好来一次真正的大爆炸吧。很自然，你希望退避到一个安全的地方来观察这个奇观。不幸的是，你无处可以退避，因为奇点之外没有任何地方。当宇宙开始膨胀的时候，它会向外扩展，充满一个更大的空间，因为所有的空间是它一面扩展一面创造的空间。

把奇点看成是一个悬在漆黑无边的虚空中的孕点，这是很自然的，然而却是错误的。没有空间，就没有黑暗。奇点四周没有四周，那里没有空间供它去占有，没有地方供它去存在。我们甚至无法问一声它在那里已经多久。时间并不存在，所以它也没有产生于过去这一说。

于是，我们的宇宙就从无到有了。

刹那间，一个光辉的时刻来到了，其速度之快、范围之广，无法用言语来形容，奇点有了天地之大，有了无法想象的空间。这充满活力的第一秒钟产生了引力和支配物理学的其他力。不到1分钟，宇宙的直径已经有

1600万亿千米，而且还在迅速扩大。这时候产生了大量热量，温度高达100亿摄氏度，足以引发核反应，其结果是创造出了较轻的元素，主要是氢和氦，还有少量锂（大约1000万个原子中有1个锂原子）。3分钟以后，98%的目前存在的或将会存在的物质都产生了。我们有了一个宇宙，这是个美妙无比的地方，而且还很漂亮。这一切都是在大约做完一块三明治的时间里形成的。

这个重大时刻的发生时间还是个有点争议的问题。宇宙到底是在100亿年以前形成的，还是在200亿年以前形成的，还是在100亿~200亿年之间形成的，这个问题宇宙学家已经争论了很长时间，大家似乎越来越赞成大约137亿年这个数字。但是，我们在后面将会进一步看到，这种事情是极难计算的。其实，我们只能说，在那十分遥远的过去，在某个无法确定的时刻，由于不知道的原因，科学上称之为t=0的时刻来到了。于是我们踏上了本书的旅程。

当然，有大量的事情我们不知道，还有大量的事情我们现在或在过去很长的时间里以为自己知道而其实并不知道。连大爆炸理论也是不久以前才提出来的。这个概念自20世纪20年代以来一直很流行，是一位名叫乔治·勒梅特的比利时教士兼学者首先提出了这种假设。但是，直到20世纪60年代中期，这种理论才在宇宙学界活跃起来。因为当时，两位年轻的射电天文学家无意中发现了一种非同寻常的现象。他们的名字分别叫做阿诺·彭齐亚斯和罗伯特·威尔逊。

1965年，他们在美国新泽西州霍尔姆德尔的贝尔实验室想要使用一根大型通信天线做实验，可是不断受到一个本底噪声的一种连续不断的蒸气般的咝咝声的干扰，使得实验无法进行下去。那个噪声是一刻不停并且很不集中的。它来自天空的各个方位，日日夜夜，一年四季响个不停。有一年，两位年轻的天文学家想尽了办法，想要跟踪和除去这个噪声。他们测试了每个电器系统，他们重新组装了仪器，检查了线路，察看了电线，掸掉了插座上的灰尘；他们爬进抛物面天线，用管道胶布盖住每一条接缝、每一颗铆钉；他们拿起扫帚和抹布再次爬进抛物面天线，小心翼翼地把他们后来在一篇论文中称之为“白色电介质”的、用更通常的说法是鸟粪的东西扫得干干净净。可是他们的努力丝毫不起作用。

他们并不知道，就在50千米以外的普林斯顿大学，一组以罗伯特·迪克为首的科学家正在设法寻找的，就是这两位天文学家想要除去的东西。普林斯顿大学的研究人员正在研究天文物理学家乔治·伽莫夫在20世纪40

年代提出的假设：要是你观察空间深处，你就会发现大爆炸残留下来的某种宇宙背景辐射。伽莫夫估计，那种辐射穿过茫茫的宇宙以后，便会以微波的形式抵达地球。在一篇论文中，他甚至提出可以用一种仪器达到这个目的，这种仪器就是霍尔姆德尔的贝尔天线。不幸的是，无论是彭齐亚斯和威尔逊，还是普林斯顿大学小组的任何专家，都没有看过伽莫夫的论文。

彭齐亚斯和威尔逊听到的噪声，正是伽莫夫所假设的。他们已经找到了宇宙的边缘，至少是宇宙 150 亿光年以外的可见部分。他们在“观望”第一批质子——宇宙中最古老的光，果然不出伽莫夫所料，时间和距离已经将其转变成了微波。艾伦·古思在他的《不断膨胀的宇宙》一书中提出一种类比，有利于大家理解这一发现的意义。要是你把观望宇宙深处比做是在从美国纽约帝国大厦的 100 层上往下看，假设 100 层代表现在，街面代表大爆炸的时刻，那么在彭齐亚斯和威尔逊发现那个现象的时候，科学家已经发现的最远星系是在大约 60 层，最远的东西是在大约 20 层。而彭齐亚斯和威尔逊的发现，把我们对宇宙可见部分的认识推进到了离大厅的地面不到 1 厘米的地方。

然而彭齐亚斯和威尔逊仍然找不到噪声的原因，便打电话给普林斯顿大学的迪克，向他描述了他们遇到的问题，希望他能作出解释。迪克马上意识到两位年轻人发现了什么。“哎呀，好家伙，人家抢在我们前面了。”他一面挂电话，一面对他的同事们说。

此后不久，《天体物理学》杂志刊登了两篇文章：一篇为彭齐亚斯和威尔逊所作，描述了听到咝咝声的经历；另一篇为迪克小组所作，解释了它的性质。尽管彭齐亚斯和威尔逊并不是在寻找宇宙的本底辐射，发现的时候不知道那是什么东西，也没有发表任何论文来描述或解释它的性质，但他们获得了 1978 年诺贝尔物理学奖。而普林斯顿大学的研究人员只获得了同情。据丹尼斯·奥弗比在《宇宙孤心》一文中说，彭齐亚斯和威尔逊都不清楚自己这一发现的重要意义，直到看到《纽约时报》上的一篇报道。

顺便说一句，来自宇宙本底辐射的干扰，我们大家都经历过：把你的电视机调到任何接收不着信号的频道，你所看到的锯齿形静电中，大约有 1% 是由这种古老的大爆炸残留物造成的。记住，下次你抱怨接收不到图像的时候，你总能观看到宇宙的诞生。

虽然人人都称其为大爆炸，但许多书上都提醒我们，不要把它看做是普通意义上的爆炸，而是一次范围和规模都极其大的突然爆炸。那么，它

的原因是什么?

有人认为，那个奇点也许是早年业已毁灭的宇宙残余——我们的宇宙只是一系列宇宙中的一个。这些宇宙周而复始不停地扩大和毁灭，就像一台制氧机上的气囊。有的人把大爆炸归因于所谓的“伪真空”，或“标量场”，或“真空能”——反正是某种物质或东西将一定量的不稳定性带进了当时的不存在。从不存在获得某种存在，这似乎不大可能，但过去什么也不存在，现在有了个宇宙，事实证明这显然是可能的。也许，我们的宇宙只是众多更大的、大小不等的宇宙的一部分，大爆炸到处不停地发生。要不然，也许是在那次大爆炸之前，时间和空间具有某种完全不同的形式，那些形式我们非常不熟悉，因此无法想象，大爆炸代表某个过渡阶段，宇宙从一种我们无法理解的形式过渡到一种我们几乎可以理解的形式。“这与宗教问题很相似。”斯坦福大学的宇宙学家安德烈·林德博士 2001 年对《纽约时报》的记者说。

大爆炸理论并不是关于爆炸本身，而是关于爆炸以后发生的事。注意，是爆炸以后不久。科学家们做了大量计算，仔细观察粒子加速器里的情况，然后认为他们可以回顾爆炸发生 10^{-43} 秒之后的情况，当时宇宙仍然很小，要用显微镜才看得见。

我们知道的或认为知道的有关宇宙初期的大部分情况，都要归功于一位年轻的粒子物理学家于 1979 年首先提出的膨胀理论。他的名字叫艾伦·古思，当时在斯坦福大学工作，后任职于麻省理工学院。他当时 32 岁，承认自己以前从没有作出过很大的成绩。要是他没有恰好去听那个关于大爆炸的讲座的话，很可能永远也提不出那个伟大的理论。举办那个讲座的不是别人，正是罗伯特·迪克。讲座使古思对宇宙学，尤其是对宇宙的形成产生了兴趣。

最后，他提出了膨胀理论。该理论认为，在爆炸后的刹那间，宇宙突然经历了戏剧性的扩大。它不停地膨胀，每 10^{-34} 秒它的大小就翻一番，整个过程也许只持续了不到 10^{-30} 秒。但是，宇宙从手都拿得住的东西变成了至少 10^{25} 倍大的东西。膨胀理论解释了使我们的宇宙成为可能的脉动和旋转。要是没有这种脉动和旋转的话，就不会有物质团块，因此也就没有星星，而只有飘浮的气体和永恒的黑暗。

根据古思的理论，宇宙在 10^{-43} 秒之内产生了引力。又过了极其短暂的时刻，产生了电磁以及强核力和弱核力——物理学的材料。之后，又很快出现了大批基本粒子——材料学的材料。从无到有，突然有了大批光子、

质子、电子、中子和许多别的东西，根据标准的大爆炸理论，每种达 10^{79} ~ 10^{89} 个之多。

这么大的数量当然是难以理解的。我们只要知道，刹那间，我们有了一个巨大的宇宙，这就够了。根据该理论，这个宇宙是如此之大，直径至少有 1000 亿光年，但有可能是从任何大小直至无穷大。并且宇宙被安排得非常完美，为恒星、星系和其他复杂体系的创建准备了条件。

从我们的角度来看，不可思议的是这个结果对我们来说是那么完美。只要宇宙的形式稍稍不同，比如引力稍稍强一点或弱一点，或者膨胀稍稍慢一点或快一点，那么，也许就永远不会有稳定的元素来制造你和我，制造我们脚下的地面。只要引力稍稍强一点，宇宙本身会像个没有支好的帐篷那样塌下来，也就没有恰到好处的数值来赋予自己必要的大小、密度和组成部分。然而，引力要是弱了一点，什么东西也不会聚集在一起，宇宙永远会是单调、分散、虚空的。

有的专家之所以认为也许有好多别的大爆炸，也许有几万亿次大爆炸，分布在无穷无尽的永恒里，这就是原因之一。我们之所以存在于这个特定的宇宙，是因为这个宇宙适合于我们的存在。正如哥伦比亚大学的爱德华·P·特赖恩所说："要回答它为什么产生了，我的敝见是，我们的宇宙只是那些不时产生的东西之一。"对此，古思补充说："虽然创建一个宇宙不大可能，但特赖恩强调说，谁也没有统计过失败的次数。"

英国皇家天文学家马丁·里斯认为，有许多个宇宙，很可能是无数个，每个都有不同的特性、不同的组合，我们只是生活在一个其组合的方式恰好适于我们存在的宇宙里。他以一家大服装店作为例子来进行类比："要是服装品种很多，你就不难挑到一件合身的衣服。要是有许多宇宙，而每个宇宙都由一套不同的数据控制，那么就会有一个宇宙，它的一套特定的数据适合于生命。我们恰好在这样的一个宇宙里。"

里斯认为，我们的宇宙受到 6 个数据的支配，要是哪个值发生哪怕是非常细微的变化，事物就不可能是现在的这个模样。比如，现在的宇宙若要存在，就要求氢以准确而较为稳定的方式转化为氦。要是那个值稍稍低一点，比如从 7‰降至 6‰，那么就不可能发生转化，宇宙只会由氢组成。要是那个值稍稍高一点，高到 8‰，结合就会不间断地发生，氢早已消耗殆尽。无论是哪种情况，只要这个数据稍有变动，我们所知的而又需要的宇宙就不会存在。

也就是说，到目前为止，一切都恰到好处。从长远来说，引力也许会

变得稍强一点，有朝一日，它可能阻止宇宙膨胀，自己将自己压瘪，最后坍缩成又一个奇点，整个过程很可能重新开始。另一方面，引力也许会变得过弱，那样的话，宇宙会永远地膨胀，直到一切都互相远离，不再可能发生实质性的相互作用，于是宇宙就成为一个非常空旷、呆滞而又没有生命的地方。第三种可能是，引力恰如其分，就是宇宙学家们所谓的“临界密度”，它把宇宙控制在一个恰当的范围，使事物永远继续下去。宇宙学家有时玩笑地把这称之为“金发姑娘效应”，即一切都处于恰如其分的状态（需要说明的是，这三种可能出现的宇宙分别叫做封闭式宇宙、开放式宇宙和扁平式宇宙）。

大家迟早会想到一个问题，那就是，假设你来到宇宙边缘，把头伸出帘幕，那会发生什么？你的头会在什么地方（要是它不再是在宇宙里的话）？你会看到对面是什么？回答是令人失望的：你永远也到不了宇宙的边缘。倒不是因为去那里要花很长时间，而是因为，即使你沿着一条直线往外走，不停地坚持往外走，你也永远到不了宇宙的边缘。恰恰相反，你会回到起始的地方，到了这种地步，你很可能会灰心丧气，放弃这种努力。其原因是，按照爱因斯坦的相对论我们届时将会讲到，宇宙是弯曲的。至于怎么弯曲，我们也不大能想象出来。眼下，你只要知道，我们并不是在一个不断膨胀的大气泡里飘浮，这就足够了。确切点说，空间是弯曲的，恰好使其无限而又有限。恰当地说，甚至不能说空间在不断膨胀，正如诺贝尔奖获得者、物理学家史蒂文·温伯格指出的：“太阳系和星系不在膨胀，空间本身也不在膨胀。倒是星系在飞速彼此远离。”这对直觉都是一种挑战。生物学家霍尔丹有一句名言：“宇宙不仅比我们想象的要古怪，而且比我们可能想象的还要古怪。”

为了解释空间是弯曲的，人们经常提出一个类比，他们试图想象有个来自平面宇宙、从来没有见过球体的人来到了地球，不管他在这颗行星的表面上走得多远，他永远也走不到边。他很可能最终回到始发地点。他当然会稀里糊涂，说不清这是怎么一回事。我们在空间中的处境，跟那位先生的处境完全相同，我们只是糊涂得更厉害罢了。

如同你找不着宇宙的边缘一样，你也不可能站在宇宙的中心，然后说：“宇宙就是从这儿开始的，这儿是一切的最中央。”我们大家都在一切的最中央。实际上，我们对此缺少把握，我们无法用数学来加以证实。科学家们只是推测，我们实际上不可能在宇宙的中央。

据我们所知，自宇宙形成以来，只发展到光走了几十亿年那么远的距

离。这个可见宇宙宇宙的直径可能是 1.5×10^{24} 千米。但是，根据大多数理论，整个宇宙还要宽敞得多。根据里斯的说法，到这个更大的、看不见的宇宙边缘的光年数，“不是用 10 个 0，也不是用 100 个 0，而是用几百万个 0”来表示。简而言之，现有的空间比你想象的还要大，你不必再去想象空间外面还有空间。

很长时间以来，大爆炸理论有个巨大的漏洞，许多人对此感到不解，那就是，它根本无法解释我们是怎么来到这个世界上的。虽然存在的全部物质中有 98% 是大爆炸创造的，但那些物质完全由轻的气体组成：我们上面提到过的氦、氢和锂。对于我们的存在至关重要的重物质：碳、氮、氧以及其他一切，没有一个粒子是在宇宙创建过程中产生的气体。但是，难点就在这里，若要打造这些重元素，你却非要有大爆炸释放出来的那种热量和能量不可。可是，大爆炸只发生过一次，而那次大爆炸没有产生重元素。那么，它们是从哪儿来的？有意思的是，找到这个问题答案的人却是一位压根儿瞧不起大爆炸理论的宇宙学家，他还创造了大爆炸这个词来加以讽刺挖苦。

我们很快就会讲到他。不过，在讨论我们怎么来到这里之前，我们先花几分钟时间来考虑一下到底什么是“这里”，这也许是很值得的。

第二章　接触太阳系

如今，天文学家可以办到最令人瞠目的事：要是有人在月球上划一根火柴，他们能看到那个火焰；根据远处星星最细微的搏动和抖动，他们能推算出行星的大小和性质，甚至潜在的适于栖居的可能性，而这些行星可是远得根本看不见的，我们乘宇宙飞船去那里也要花 50 万年。他们能用射电望远镜捕捉到一丝一毫的辐射，而这种辐射是如此微弱，自 1951 年开始采集以来，所采集到的来自太阳系之外的全部能量，用卡尔·萨根的话来说：“还不到一片雪花落地时所产生的能量。”

总之，宇宙里没有多少东西是天文学家发现不了的，只要他们愿意。因此，想起为什么在 1978 年之前还没有人注意到冥王星有一颗卫星，这就更不可思议了。那年夏天，亚利桑那州弗拉格斯塔夫的美国海军天文台有一位名叫詹姆斯·克里斯蒂的年轻天文学家，他正在对冥王星的照片作例行审查，突然发现那里有什么东西模模糊糊又不大确定，反正肯定不是冥王星。他跟一位名叫罗伯特·哈灵顿的同事讨论片刻以后下了结论：他观察到的是颗卫星，它还不是一般的卫星。相对于那颗行星而言，它是太阳系里最大的卫星。

这对冥王星的行星地位实际上是个打击，而这个地位又从来没有牢固过。科学家原先认为，那颗卫星占有的和冥王星占有的是同一个空间。这意味着，冥王星比任何人想象的要小得多。实际上，太阳系里的 7 颗卫星，包括我们地球的卫星，都要比冥王星的卫星大。

此刻，你自然会问，为什么发现我们自己太阳系里的一颗卫星要花那么长的时间？回答是：这跟天文学家把仪器对准什么地方、他们的仪器旨在探测什么东西有关系，也跟冥王星本身有关系。最重要的是他们把仪器对准什么地方。用天文学家克拉克·查普曼的话来说：“大多数人认为，天文学家在夜间去天文台扫视天空，这是不真实的。世界上差不多所有的望远镜都旨在观察遥远天空中的极小东西，观察一颗类星体，或寻找黑洞，或观察一个遥远的星系。唯一真正用来扫视天空的望远镜网络是由军方设计和制造的。”

我们受到艺术家艺术表达的不良影响，以为图像的清晰度很高，这在天文学里其实是不存在的。在克里斯蒂的照片上，冥王星暗淡无光，非常模糊，它并不像你在美国《国家地理杂志》上看到的那种球体：背景很

亮，非常浪漫，线条清晰，陪伴着冥王。它只是小小的、极其模糊的一团。事实上，正是由于这种模糊，人们过了 7 年时间才再次见到那颗卫星，从而确认它的独立存在。

克里斯蒂的发现有一点奇妙的地方：它发生在弗拉格斯塔夫，冥王星就是 1930 年在那里被首次发现的。这个天文学上的重大发现，很大程度上要归功于天文学家珀西瓦尔·洛厄尔。洛厄尔出生于波士顿一个古老而富裕的家族，在一首著名歌谣中曾经提到洛厄尔家族只跟卡伯特家族说话，卡伯特家族只跟上帝说话。他捐赠了以他的名字冠名的著名天文台，但人们最不会忘记的是他这样的看法：火星上到处是由勤劳的火星人修建的运河，用来积储来自极地的水，以灌溉赤道附近那干旱而又丰产的土地。

洛厄尔另一个令人不忘的看法是：在离海王星很远的某个地方，存在着未被发现的第九颗行星，他给它起名为行星 X。洛厄尔的这种看法是基于他在天王星和海王星的轨道上发现的不规律的现象。于是，他把生命的最后几年致力于找到那颗气态巨星。他断定它就在那里。不幸的是，洛厄尔于 1916 年突然去世。至少在一定程度上，这是他的探索工作过于疲劳所致。洛厄尔的继承人为了遗产争吵不休，探索工作暂时搁置下来。然而，1929 年，某种程度上是为了转移对火星运河传说的注意力（到那个时候，它已经成为一件非常令人难堪的事），洛厄尔天文台的负责人决定恢复探索，并为此从堪萨斯州请来了一位名叫克莱德·汤博的年轻人。

汤博没有受过成为天文学家的专门训练，但他既勤奋又聪明。经过一年的搜索，他在明亮的天空里终于看到了一个暗淡的光点：冥王星。这是个奇迹般的发现。这个发现更引人注目的是，它证明了洛厄尔的观测结果是错误的。洛厄尔曾根据这些观测结果来预言比海王星更远的地方存在一颗行星。汤博马上意识到，这颗新的行星根本不是像洛厄尔所认定的那样，是个巨大的气球。但是，他或别人所持的任何有关这颗新行星性质的观点，在极度兴奋之中很快就一扫而光。在那个容易激动的时代，差不多任何重大的新闻故事都会激起这种情绪。这是第一颗由美国人发现的行星。有人认为它其实只不过是远方的一颗冰粒，但谁也不会被这种看法转移视线。它被命名为冥王星，至少一定程度上是因为它的头两个字母是由洛厄尔姓名的首字母组成的交织字母。已经不在人世的洛厄尔被颂扬为一流的天才人物，而汤博在很大程度上已被人们忘得一干二净，除了研究行星的天文学家还往往对他怀有崇敬之情。

现在，有的天文学家仍然认为，冥王星之外也许还有行星 X，也许是

一颗真正的庞然大物，也许有木星的 10 倍之大，只是它太遥远，我们看不见，它被照到的阳光太少，几乎没有反射的光。他们认为，它不会是像木星或土星这样的普通行星，我们推测也许有 7.2 万亿千米之远，而更会像一个没有形成的太阳。宇宙中的大多数恒星体系都是成双的，即双星体，这就使我们孤零零的太阳显得有点儿怪。

至于冥王星本身，谁也不大清楚它有多大，由什么组成的，有什么样的大气，甚至它到底是个什么东西。许多天文学家认为，它其实算不上是颗行星，而只是我们在银河的废墟带（称之为凯珀带）发现的最大的物体。凯珀带理论实际上是 1930 年由一位名叫伦纳德的天文学家提出来的，他用这个名字来纪念一位在美国工作的荷兰人杰勒德·凯珀，因为凯珀发展了这个理论。凯珀带是所谓短命彗星的源泉其中最著名的就是哈雷彗星。比较长命的彗星（其中包括海尔-波普彗星和百武彗星）产生于遥远得多的奥尔特云，我们过一会儿就会谈到这个问题。

冥王星的表现与别的行星很不一样，这种看法肯定没错。它不但又小又模糊，而且它的运行方式变化不定，一个世纪以后谁也说不准冥王星到底会在哪里。别的行星多少在同一平面上转动，而冥王星的运行轨道似乎是倾斜的，不和别的行星处于同一平面，而是形成一个 17 度的角，犹如有人头上潇洒地歪戴着帽子。它的轨道很不规则，在它寂寞地绕太阳转动的过程中，每一圈都在相当长的时间里比海王星距离我们更近。事实上，在 20 世纪 80 年代和 90 年代的大部分时间里，海王星是太阳系里离我们最远的行星。只是到了 1999 年 2 月 11 日，冥王星才回到外侧的轨道，此后它将在那里停留 228 年的时间。

因此，如果冥王星真是一颗行星，那肯定是一颗很怪的行星。它很小，只有地球的 1/400 大。假如你把它盖在美国上面，它还盖不住美国本土 48 个州一半的面积。仅这一点就使它显得极其反常。这说明，我们的行星系统是由 4 颗岩质的内行星、4 颗气态的外行星和 1 颗孤独的小冰球组成的。而且，完全有理由认为，我们很快会在同一空间发现别的更大的冰球。接着，问题又来了。克里斯蒂发现冥王星的卫星以后，天文学家开始更加仔细地观察宇宙的这一部分。截至 2002 年 12 月初，又在天王星以外发现了 600 多个这类物体，其中一颗被命名为伐楼拿星，差不多和冥王星的卫星一般大小。天文学家现在认为，也许存在几十亿个这类物体，但是困难在于它们当中有许多暗淡无光。一般来说，它们的反射度只有 4%，大约相当于一块木炭的反射度，当然，这些“木炭”是在 60 多亿千米以外。

这到底有多远？几乎难以想象。你看，空间大得不得了，不过出于了解和娱乐的目的，我们来想象一下，我们就要乘火箭飞行器进行旅行。我们不会走得太远，只到我们自己太阳系的边缘。

哎呀，恐怕有个坏消息，我们回不了家吃晚饭了。即使以光的速度（每秒 30 万千米）前进，也要花 7 个小时才能到达冥王星。而且，我们当然无法以这种速度进行旅行。我们不得不以宇宙飞船的速度前进，这个速度就比光速慢多了。任何人造物体所能达到的最高速度是“旅行者 1 号”和“旅行者 2 号”宇宙飞船的速度，它们现在正以每小时 5.6 万千米的速度飞离我们。

1977 年 8 月和同年 9 月之所以发射“旅行者”号飞船，是因为木星、土星、天王星和海王星排成了一条直线，这种现象每隔 175 年才发生一次。这就使得两艘“旅行者”号飞船能够利用“引力帮助”技术，以一种宇宙甩鞭的形式，从一颗气态巨星被连续甩到下一颗气态巨星。即使这样，它们也要花 9 年时间才能到达天王星，要花 12 年时间才能越过冥王星的轨道。不过好消息是，2006 年 1 月（这是美国国家航空和航天局向冥王星发射“新地平线 1 号”探测器的时间），利用有利的木星定位法，加上一些先进的技术，只用 10 年左右的时间便能抵达那里。怕要花上相当长的时间。无论如何，这是一次漫长的旅行。

你会发现，空间这个名字起得极其恰当。空间是个平淡无奇的地方，在几万亿千米范围内，最充满生气的要算我们的太阳系，而所有可看得见的东西，比如太阳、行星及其卫星、小行星带的上亿块翻滚的岩石、彗星和别的各种飘浮的碎石，它们仅仅充满不足现有空间的万亿分之一。你一定很快意识到了，你所见到的太阳系图根本不是按比例制作的。在教室里的大多数教学用图上，行星们一颗挨着一颗，相距很近——在许多插图里，外侧巨星的影子甚至落在彼此身上——但是，为了把所有的行星画在同一张纸上，这种“骗术”也是必不可少的。海王星其实不是在土星以外一点儿，而是在土星以外很远的地方，它离土星的距离比土星离我们的距离还要远 5 倍。它在那么遥远的地方，接受的阳光只有土星的 3%。

实际上，那么遥远的距离，无论如何也不可能按比例来画太阳系图。即使你在教科书里增加许许多多折页，或者使用长得不得了的标语纸，也无法接近这个比例。在一张成比例的太阳系图上，如果将地球的直径缩小到大约一粒豆子的直径，土星也则会在 300 多米以外，冥王星会在 2.5 千米外的远处，并且没有一个细菌的大小，因此你怎么也看不见它。按照同

样的比例，离我们最近的恒星比邻星会在1.6万千米以外。即使你把一切都加以缩小，使土星像英文的句点那么小，冥王星只有分子那么大，那么冥王星依然在十多米以外。

所以，太阳系确实是巨大的。当我们抵达冥王星的时候，我们已经走得那么遥远，太阳——那暖暖和和、晒黑我们皮肤、赋予我们生命的亲爱的太阳，已经缩小到了针尖大小。它比一颗明亮的恒星大不了多少。在这样冷清清的空间里，你会理解，为什么即使是最重要的物体，比如冥王星的卫星，也逃过了人们的注意力。这种问题，绝不只发生在冥王星身上，在"旅行者"号探险之前，人们以为海王星只有2颗卫星，"旅行者"号又发现了6颗。现在的卫星总数至少已经达到90颗，其中起码1/3是在刚刚过去的10年里发现的。在考虑整个宇宙的时候，你当然需要记住，我们其实还不知道太阳系的家底。

现在，当我们飞越冥王星的时候，你会注意到另一件事：要是你查一查旅行计划，你会明白这次旅行的目的地是太阳系的边缘——我们恐怕还冥王星也许是标在教室挂图上的最后一个物体，但太阳系并不会到此为止。实际上，离终点还远着呢。要到达太阳系的边缘，我们非得穿过奥尔特云，那是个彗星飘游的茫茫天际。冥王星远不是太阳系外缘的标志，就像教室里的挂图上随便暗示的那样，它仅仅是在5万分之一路程的地方。

当然，我们没有打算去做这样一次旅行。做一次38.6万千米远的月球旅行，对我们来说依然是一件了不起的大事。老布什总统曾一时头脑发昏，提出要执行一次去火星的载人任务，但后来不了了之。因为有人估计，这要花费4500亿美元，最后很可能落个全体乘员命归黄泉的结局，因为他们无法遮挡高能的太阳粒子，DNA会被撕得粉碎。

根据我们目前掌握的知识和理智的想象，任何人都绝对不会前往我们太阳系的边缘，永远不会，那实在太遥远了。事实上，即便使用哈勃望远镜，我们也看不到奥尔特云，因此我们实际上不知道它在哪里。它的存在是可能的，但完全是假设的。

关于奥尔特云，有把握的只能说到这种程度：它始于冥王星以外，向宇宙里伸展大约2光年。太阳系里的基本计量单位是天文单位（Au），代表太阳和地球之间的平均距离。冥王星距离我们大约40个天文单位，奥尔特云的中心离我们大约5万个天文单位。一句话，它非常遥远。

但是，我们再作一次假设：我们已经到达奥尔特云。你首先注意到的是，这里非常宁静。想一想，远处那个不停闪烁的亮点是多么微小，却有

足够的引力拖住所有这些彗星，这真是不可思议。这种引力并不很强，因此这些彗星只是很壮观地慢慢移动，速度大约仅为每小时 354 千米。有时候，它们被弹进空荡荡的空间，再也没有踪影。但是，有时候它们会进入围绕太阳的漫长轨道。每年大约有三四颗这类彗星，即所谓的长命彗星，从太阳系里侧行通过。这些迷途的访客只是偶然会撞上坚硬的东西，比如地球。太阳系的中央经历漫长的坠落过程。在这么多的地方中，它的方向偏偏是艾奥瓦州的曼森。它要花很长时间才能抵达那里——至少三四百万年——因此我们先把它搁置一下，到本书快要结束时再来讨论它。

这就是你所在的太阳系。太阳系之外还有别的什么？也许什么也没有，也许有很多东西，这取决于你怎么看这个问题。

从短期来说，什么也没有。人类创造的最完美的真空，都不如星际空间那样空空荡荡。那里有大量的这种空空荡荡，直到你抵达下一个那一点点东西。宇宙里我们最近的恒星邻居是比邻星，它是三星云团的组成部分，名叫 α 星，位于 4.3 光年以外，这在星系用语中只是微不足道的一点距离，但仍然要比去月球旅行远 1 亿倍。乘宇宙飞船去那里，至少要花 25000 年，即使你真的做这次旅行，你仍然到不了任何地方，只会看到茫茫空间的中央悬着一簇寂寞的星星。若要抵达下一个有意义的目标天狼星，还有 4.6 光年的行程。因此，如果你想要以“越星”的方式穿越宇宙的话，情况就会是这样。即使抵达我们自己银河系的中心，也要花上比我们作为人的存在长得多的时间。

我再重复一遍，空间是巨大的。恒星之间的平均距离超过 30 万亿千米。即使以接近于光速的速度去那里，这对任何想去旅行的个人来说都是极富挑战性的距离。当然，开个玩笑的话，外星人有可能旅行几十亿千米来到威尔特郡种植庄稼，或者来到亚利桑那州哪一条人迹稀少的路上，把行驶中的小卡车上的哪个可怜虫吓得魂飞魄散，但这种事似乎永远不会发生。

不过，从统计角度来看，外层空间存在有思想的生物的可能性还是很大的。谁也不清楚银河系里有多少颗恒星——估计有 1000 亿 ~ 4000 亿颗——而银河系只是大约 1400 亿个星系之一，其中许多星系比我们的银河系还要大。20 世纪 60 年代，康奈尔大学的一位名叫弗兰克·德雷克的教授为这么巨大的数字所振奋，根据一系列不断缩小的概率，想出了一个著名的方程式，旨在计算宇宙中存在高级生命的可能性。

按照德雷克的方程式，你用宇宙某个部分的恒星数除以可能拥有行星

系的恒星数，再用那个商除以理论上能够存在生命的行星系数，再用那个商除以已经出现了有智力状态生命的行星系数，如此得出结果。

这种看法多么有意思，多么激动人心。我们也许只是几百万个高等文明社会中的一个。不幸的是，空间浩瀚，据测算，任何两个文明社会之间的平均距离至少有200光年。下面具体解释一下首先，这意味着即使那些生物知道我们在这里，而且能从望远镜里看到我们，他们所看到的也只是200年以前离开地球的光。因此，他们看到的不是你和我，他们看到的是法国大革命、托马斯·杰斐逊以及穿长丝袜、戴假发套的人，是不懂得什么是原子或什么是基因的人，是用一块毛皮摩擦橡胶棒生电认为这挺好玩的人。我们收到这些观察者发来的电文，很可能以“亲爱的大人”开头，祝贺我们牵着骏马，能够熟练地使用鲸油。200光年是如此遥远的距离，我们简直无法想象。

因此，即使我们其实并不孤单，但我们还是很孤单。卡尔·萨根推算，宇宙里的行星可能多达10^{22}颗，这个数字远远超出我们的想象力。但是，同样超出我们想象力的是，它们所散落的宇宙的范围。“要是我们被随意塞进宇宙，”萨根写道，“你在一颗行星上或靠近一颗行星的可能性不足10^{-33}。世界时间是很宝贵的。”

因此，这也许是好消息：1999年2月，国际天文学联合会正式裁定，冥王星是一颗行星。宇宙是个又大又寂寞的地方，我们能有多少个邻居就有多少个邻居。

第三章　埃文斯牧师的宇宙

罗伯特·埃文斯牧师是个话不多却性格开朗的人，家住澳大利亚的蓝山山脉，在悉尼以西大约 80 千米的地方。当天空晴朗、月亮不太明亮的时候，他就会带着一台又笨又大的望远镜来到自家的后阳台，做一件非同寻常的事：观察遥远的过去，寻找临终恒星。

观察过去当然是其中容易的部分，朝夜空瞥上一眼，你就看到了历史，大量历史——你看到的恒星不是它们现在的状态，而是它们的光射出时的状态。据我们所知，我们忠实的伙伴北极星，实际上也许在 2009 年 1 月，或 1854 年，或 14 世纪初以后的任何时候就已经熄灭，因为这信息到现在还无法传到这里。我们至多只能说——永远只能说——它在 680 年以前的今天还在发光，而宇宙中的恒星在不断死亡。罗伯特·埃文斯干得比别人更出色的地方是，他发现了天体举行告别仪式的时刻。

白天，埃文斯是澳大利亚统一教会一位和蔼可亲、快要退休的牧师，干点临时工作，研究 19 世纪的宗教运动史。到了夜间，他便悄悄地成为一位天空之神，寻找超新星。

当一颗巨大的恒星——一颗比我们的太阳还大的恒星坍缩的时候，它接着会发生壮观地爆炸，刹那间释放出 1000 亿颗太阳的能量，一时之间比自己星系里所有的恒星的亮度加起来还要明亮。于是，一颗超新星诞生了。“这景象犹如突然之间引爆了 1 万亿枚氢弹。”埃文斯说。他还说，要是超新星爆炸发生在离我们只有 500 光年远的地方，我们就会完蛋。但是，宇宙是浩瀚的，超新星通常离我们很远很远，不会对我们造成伤害。事实上，大多数远得难以想象，它们的光传到我们这里时不过是淡淡的一闪。有一个月左右的时间，它们可以看得见。与天空里别的恒星的唯一不同之处是，它们占领了一点儿以前空无一物的空间。埃文斯在夜间满天星斗的苍穹里寻找的，就是这种很不寻常、非常偶然发生的闪光。

为了理解这是一种多么高超的本事，我们来想象一下，在一张标准的餐桌上铺一块黑桌布，然后撒上一把盐。我们把撒开的盐粒比做一个星系。现在，我们来想象一下，再增加 1500 张这样的餐桌，足以形成 3 千米长的一条直线，每一张餐桌上都随意撒上一把盐。现在，在任意某一张餐桌上再加一粒盐，然后让罗伯特·埃文斯在中间行走。他一眼就看到了那粒盐，而那粒盐就是超新星。

埃文斯是个杰出的天才人物，奥利弗·萨克斯在《一位火星上的人类学家》中有一章谈到孤僻的学者，专门用一段文字来描述埃文斯，但他马上补充说："绝没有说他孤僻的意思。"埃文斯从来没有见过萨克斯，说他性格孤僻也罢，一位学者也罢，都报以哈哈大笑，但他不太说得清自己怎么会有这种天赋。

埃文斯的家在黑兹尔布鲁克村边缘的一栋平房里，环境幽静，景色如画，这里是悉尼的边缘，再往前便是无边无际的澳大利亚丛林。有一次，我去拜访了他和他的夫人伊莱恩。"我好像恰好有记住星场的本事。"他对我说，还表露出不好意思的样子，"别的事我都不特别擅长，"他接着说，"我连名字都不太记得住。"

"也记不住东西搁在哪儿。"伊莱恩从厨房里喊着说。

他又坦率地点了点头，咧嘴一笑，接着问我是不是愿意去看一眼他的望远镜。我原来以为，埃文斯在后院有个不错的天文台，配有滑动的穹形屋顶和一把移动方便的机械椅子。实际上，他没有把我带出屋外，而是领着我走进离厨房不远的一个拥挤不堪的贮藏室，里面堆满了书和文献。他的望远镜就放在一个他自己做的、能够转动的胶合板架子上面。要进行观测的时候，他分两次把它们搬上离厨房不远的阳台。斜坡下面长满了桉树，只看得见屋檐和树梢之间一片信箱大小的天空，但他说这对于他的观测工作来说已经绰绰有余。就是在那里，当天空晴朗、月亮不太明亮的时候，他寻找超新星。

"超新星"这个名字，是一位脾气极其古怪的天文物理学家在 20 世纪 30 年代创造的，他的名字叫弗里茨·兹威基。他出生在保加利亚，在瑞士长大，20 世纪 20 年代来到加州理工学院，很快以粗暴的性格和卓越的才华闻名遐迩。他似乎并不特别聪明，他的许多同事认为他只不过是个"恼人的小丑"。他是个健身狂，经常会扑倒在加州理工学院饭厅或别的公共场所的地板上做单臂俯卧撑，向任何表示怀疑的人显示他的男子气概。他咄咄逼人，最后变得气势汹汹，连他最亲密的合作者，性格温和的沃尔特·巴德也不愿意跟他单独在一起。

然而，兹威基聪明过人，具有敏锐的洞察力。20 世纪 30 年代初，他把注意力转向一个长期困扰天文学家的问题：天空中偶尔出现而又无法解释的光点——新的恒星。他突然想到，要是恒星坍缩到原子的核心那种密度，便会变成一个极其坚实的核。原子实际上已经被压成一团，它们的电子不得不变成核子，形成中子。这样就形成了一颗中子星。想象一下，把 100

万枚很重的炮弹挤压成一粒弹子的大小，一颗中子星核的密度如此之大，里面的一汤匙物质会重达 900 亿千克。只是一汤匙啊！然而，不仅如此，兹威基意识到，这样的一颗恒星坍缩以后会释放出大量的能量，足以产生宇宙里最大的爆炸。他把这种由此产生的爆炸叫做超新星。

1934 年 1 月 15 日，《物理学评论》杂志刊登了一篇论文的简短摘要。论文是由兹威基和巴德前一个月在斯坦福大学发表的。尽管摘要极其短小，只有 24 行字，但它包含了大量新的科学知识：它首次提到超新星和中子星；它令人信服地解释了它们的形成方法；它准确地计算出了它们爆炸的等级；作为一种结论，它把超新星爆炸与所谓的宇宙射线这一神秘新现象的产生联系起来。宇宙射线大批穿过宇宙，是新近才被发现的，所以这些理念至少可以说是具有革命性的。中子星的存在要再过 34 年才得以确认。宇宙射线的理念虽然被认为很有道理，但还没有得到证实。总而言之，用加州理工学院天文物理学家基普・索恩的话来说，这篇摘要是“物理学和天文学史上最有先见之明的文献之一”。

有意思的是，兹威基几乎不知道这一切发生的原因。据索恩说：“他不大懂物理学定律，因此不能证明他的思想。兹威基的才华是用来考虑大问题的，而收集数据主要是巴德的事。”

兹威基也是第一个认识到宇宙里的可见物质远远不足以把宇宙连成一片，肯定有某种别的引力影响。不过有一点他没有注意到，即中子星坍缩得很紧，密度很大，连光也无法摆脱它的巨大引力，这就形成了一个黑洞。不幸的是，他的大多数同事都瞧不起他，因此他的思想几乎没有引起注意。5 年以后，当伟大的罗伯特・奥本海默在一篇具有划时代意义的论文中把注意力转向中子星的时候，他没有一次提到过兹威基的成就，虽然兹威基多年来一直在致力于同一个问题，而且就在走廊那头的办公室里。在差不多 40 年的时间里，兹威基有关暗物质的推论没有引起人们的注意，我们只能认为，他在此期间做了许多俯卧撑。

令人吃惊的是，当我们把脑袋探向天空的时候，我们只能看见宇宙的极小部分。从地球上，肉眼只能见到大约 6000 颗恒星，从一个角度只能见到大约 2000 颗。如果用了望远镜，我们从一处看见的星星就可以增加到大约 50000 颗；要是用一台 5 厘米的小型天文望远镜，这个数字便猛增到 30 万颗；假如使用像埃文斯使用的那种 40 厘米的天文望远镜，我们就不仅可以数恒星，而且可以数星系。埃文斯估计，他从阳台上可以看到的星系可达 5 万～10 万个，每个星系都由几百亿颗恒星组成。这当然是个可观的数

字，但即使能看到这么多，超新星也是极其少见的。一颗恒星可以燃烧几十亿年，而死亡却是一下子的事儿。而且只有少量的临终恒星发生爆炸，大多数则默默地熄灭，就像黎明时的篝火那样。在一个由 1000 亿颗恒星组成的典型星系里，平均每二三百年就会出现一颗超新星。因此，寻找一颗超新星，有点像立在纽约帝国大厦的观景台上，用望远镜搜索曼哈顿四周的窗户希望发现比如说有人在点着 21 岁生日蛋糕上的蜡烛。

因此，要是有一位满怀希望、说话细声细气的牧师前来联系，问一声他们有没有可用的星场地图，以便寻找超新星，天文学界一定会认为他的脑子出了毛病。当时，埃文斯只有一台 5 厘米的天文望远镜，用它来搞严肃的宇宙研究还远远不够，他却提出要寻找宇宙里比较稀罕的现象。埃文斯于 1980 年开始观察，在此之前，整个天文学史上发现的超新星还不到 60 颗（到我 2001 年 8 月拜访他的时候，他已经记录了他的第 34 次目视发现；3 个月以后，他有了第 35 次发现；2003 年年初，第 36 次）。

然而，埃文斯有着某些优势：大部分观察者身处北半球，因此身处南半球的他在很大程度上独自拥有一大片天空，尤其是在最初的时候。另外，他还拥有超人的速度和记忆力。大型天文望远镜是很笨重的东西，移动到位要花掉好多操作时间，而埃文斯可以像近距离空战中的机尾射手那样把 5 厘米小型望远镜转来转去，用几秒钟时间就可以瞄准天空中任何一个特定的点。因此，他一个晚上也许可以观测 400 个星系，而一台大型专业天文望远镜能观测五六十个就很不错了。

寻找超新星的工作大多数时间里一无所获。从 1980 到 1996 年，他平均每年有 2 次发现，这些发现要花几百个夜晚来观测。有一回他 15 天里有 3 次发现，但另一回 3 年里也没有发现 1 次。

“实际上，一无所获也有一定价值，”他说，“它有利于宇宙学家计算出星系演变的速度。在那种极少有所发现的区域，没有迹象就是迹象。”

在望远镜旁边的一张桌子上，堆放着跟他的研究有关的照片和文献，他把其中一些拿给我看。要是你翻阅过天文学的通俗出版物，就会知道，上面大多是远处星云之类的色彩鲜艳的照片，华美动人，异常壮观。埃文斯拍下的星象根本无法与之相比，它们只是模模糊糊的黑白照片，上面有带有光环的小亮点。他让我看一幅照片，它描述了一大群恒星，上面有一点儿光焰，我不得不凑近了才看得清楚。埃文斯对我说，这是天炉星座的一颗恒星，天文学上称之为 NGC1365（NGC 代表“新编总目录”，上面记录着这些材料。过去是都柏林某人书桌上的一本笨重的书，如今是一个数

据库)。在6000万年时间里,这颗恒星壮丽死亡时所发出的光,不停地越过太空,最后在2001年8月的一天夜里以一点微光的形式抵达了地球。当然,是身处桉树芬芳的山坡上的罗伯特·埃文斯发现了它。

“我想,这还是挺令人满意的啊,”埃文斯说,“想一想,那个光在太空里走了几百万年,抵达地球的时候恰好有个人在不偏不倚地望着那片天空,结果看到了它。能亲眼目睹这样一个重大事件,这似乎是挺不错的。”

超新星远远不止让你产生一种惊奇感。它们分为几种类型(有一种是埃文斯发现的),其中之一名叫Ia超新星,它对天文学来说尤其重要,因为这类超新星总是以同样的方式爆炸,拥有同样关键的质量。因此,它们可以被用作“标准烛光”,用来衡量其他恒星的亮度(也是衡量相对距离)的标准,从而衡量宇宙的膨胀率。

1987年,由于需要比目测所能提供的更多的Ia超新星数目,加利福尼亚州劳伦斯·伯克利实验室的索尔·珀尔马特开始寻找一种更加系统的搜寻方法。珀尔马特利用先进的计算机和电荷耦合器件设计了一个绝妙的系统,它使寻找超新星的工作自动化了。现在,天文望远镜可以拍下几千幅照片,然后利用计算机来发现能够说明发生了超新星爆炸的亮点。在5年时间里,珀尔马特和他的同事们在伯克利利用这种新技术发现了42颗超新星。如今,连业余爱好者也在用电荷耦合器件发现超新星。“使用电荷耦合器件,你可以把天文望远镜瞄准天空,然后走开去看电视,”埃文斯不大高兴地说,“那种神奇的味道已经不复存在了。”

我问埃文斯,他是不是想采取这种新技术。“哦,不,”他说,“我很喜欢自己的办法,而且,”他朝新近拍摄的一幅超新星照片点了点头,微微一笑,“有时候我仍能超过他们。”

很自然产生了这样的问题:要是一颗恒星在近处爆炸,情况会怎么样?我们已经知道,离我们最近的恒星是α星,在4.3光年以外。我曾经想象,要是那里发生一次爆炸,我们在4.3年时间里都看得到大爆炸的光洒向整个天空,仿佛是从一个大罐子里泼出来的那样。要是我们有4年零4个月的时间来观看一次无法逃脱的末日渐渐向我们逼近,知道它最后到达之时会把我们的皮肉从骨头上刮得一干二净,情况会怎么样?人们还会上班吗?农民还会种庄稼吗?还有人把农产品运到商店去吗?

几个星期以后,我回到了我居住的那个新罕布什尔州小镇,向达特茅斯学院的天文学家约翰·索尔斯坦森提出了这几个问题。“哦,不会了,”他笑着说,“这么一件大事的消息会以光的速度传开,还有那个破坏性,你

一听顿时会被吓死。不过，别担心，这种事情不会发生。”

至于超新星爆炸的冲击波会要你命的问题，他解释说：你非得“危险来自各种辐射，像是宇宙射线等”。辐射会产生惊人的极光，像闪闪发亮的怪异光幕，充斥整个天空。这不会是一件好事情，任何有本事上演这么一幕的事都会把磁层，即地球高空通常使我们不受紫外线和其他宇宙射线袭击的磁场一扫而光。没有了磁层，任何人只要踏进阳光，很快就会看上去像个烤焦的比萨饼。

索尔斯坦森说，有理由相信，这种事情在我们这个角落里不会发生。首先，形成一颗超新星要有一种特别的恒星，这颗恒星非得要有我们的太阳 10 ~ 20 倍那么大小才有资格，而“我们附近没有任何符合这个条件的星球”。非常幸运，宇宙是个大地方，离我们最近的、很可能有资格的是猎户座。多年来，它一直在喷出各种东西，表明那里不大稳定，引起了大家的注意。但是，猎户座离我们有 5 万光年之远。

在有记载的历史上，只有五六次超新星是近到肉眼看得见的。一次是 1054 年的爆炸，形成了蟹状星云。另一次是在 1604 年，创造了一颗亮得在 3 个多星期里连在白天都看得见的恒星。最近一次是在 1987 年，有一颗超新星在宇宙一个名叫大麦哲伦云的区域闪了一下，然而仅仅勉强看得见，而且仅仅在南半球看得见——它在 16.9 万光年以外，对我们毫无威胁。

超新星还有一方面对我们来说是绝对重要的。要是没有了超新星，我们就不会来到这个世界上。第一章快结束的时候，我们谈到宇宙之谜——大爆炸产生了许多轻的气体，但没有创造重的元素。重元素是后来才有的，但在很长时间里，谁也搞不清它们后来是怎么产生的。问题是，你需要有某种温度确实很高的东西——比温度最高的恒星中央的温度还要高——来锻造碳、铁和其他元素，要是没有这些元素，我们就不会存在。在这里超新星提供了解释，而这个解释是一位几乎像弗里茨·兹威基一样行为古怪的英国宇宙学家作出的。

他是约克郡人，名叫弗雷德·霍伊尔。霍伊尔死于 2001 年，在《自然》杂志的悼文里被描写成一位“宇宙学家和好辩论的人”，二者他都受之无愧。《自然》杂志的悼文说，他“在一生的大部分时间里都卷入了争论”，并“使自己名声扫地”。比如，他声称，而且是毫无根据地声称，伦敦自然史博物馆里珍藏的那件始祖鸟化石是假的，与皮尔当人头盖骨的骗局如出一辙，这使得博物馆的古生物学家们非常恼火。他们不得不花了几天工夫来回答记者们从世界各地打来的电话。他还认为，地球不仅从空间

接受了生命的种子，而且接受了它的许多疾病，比如感冒和腺鼠疫。他有一次还提出，人类在进化过程中有了突出的鼻子和朝下的鼻孔，就是为了阻止宇宙病原菌掉进去。

而且霍伊尔是在1952年的一篇广播稿中开玩笑地创造了大爆炸这个名字的。他指出，我们在理解物理学的时候，怎么也解释不了为什么一切会聚合成一点，然后又突然戏剧性地开始膨胀。霍伊尔赞成恒稳态学说，该学说认为宇宙在不断膨胀，在此过程中不断创造新的物质。霍伊尔还意识到，要是恒星发生聚爆，便会释放出大量热量，温度在1亿℃以上，足以在被称之为核合成的过程中产生较重的元素。1957年，霍伊尔和别人一起，展示重元素是如何在超新星的爆炸中形成的。由于这项工作，他的合作者威廉·埃·福勒获得了诺贝尔奖，很遗憾霍伊尔则没有。

根据霍伊尔的理论，一颗爆炸中的恒星会释放出足够的热量来产生所有的新元素，并把它们洒在宇宙里。这些元素会形成气云，就是所谓的星际媒介，最终聚合成新的太阳系。有了这些理论，我们终于可以为我们怎么会来到这个世界的问题构筑一个貌似有理的设想。我们现在认为自己知道的情况如下：

大约46亿年之前，一股直径约为240亿千米、由气体和尘埃组成的巨大涡流，积储在我们现在所在的空间，并开始聚积。实际上，太阳系里99.9%的物质都被用来形成了太阳。在剩下的飘浮物质当中，两颗微粒飘到很近的地方，被静电吸到一起，这就是我们行星孕育的时刻。在整个初生的太阳系里，同样的情况正在发生。尘粒互相碰撞，构成越来越大的团块。最后，这些团块大到了一定程度，便可以称之为微行星。随着这些微行星无休止地碰撞，它们或破裂，或分解，或在无休止而又随意的置换中重新合并。但每次碰撞都有一个赢家，有的赢家越来越大，最后主宰了它们运行的轨道。

这一切都发生得相当快。据科学家认为，从小小的一簇尘粒变成一颗直径为几百千米的幼星，要花几万年的时间。在不过2亿年的时间里，地球就基本形成了，虽然仍是灼热的，还经常受到仍在到处飘浮的碎片的撞击。

大约在44亿年以前，一个火星大小的物体撞上了地球，炸飞了足够的材料来形成一颗伴星——月球。不出几个星期，被炸飞的材料已经重新聚成一团；不出一年，它变成了那个现在还陪伴着我们的岩石球体。构成月球的大部分材料来自地壳，不是地核，这就是月球上极少有铁，而地球上

铁却很多的原因。顺便说一句，这个理论几乎总是被说成是最近提出的，而事实上，它最初由哈佛大学的雷金纳德·戴利于 20 世纪 40 年代提出。关于这个理论，唯一最近的事情就是人们已经不大重视它了。

当地球还是它最终大小的大约 1/3 的时候，它很可能已经开始形成大气，主要由二氧化碳、氮、甲烷和硫组成。我们几乎不会把这些东西与生命联系起来，然而，在这有毒的混杂物中，生命形成了。二氧化碳是一种强有力的温室气体，它是一样好东西，因为当时太阳已经弱多了。要是我们没有受益于温室效应，地球很可能已经永久被冰雪覆盖，生命也许永远找不到一块立足之地。但是，生命以某种方式出现了。

在之后的 5 亿年里，年轻的地球继续受到彗星、陨石和银河系里其他碎块的无情撞击。这个过程产生了蓄满海洋的水，产生了成功形成生命所必不可少的成分。这是个极不友好的环境，然而生命还是以某种方式开始了。

40 亿年以后，人们开始想，这一切到底是怎么发生的？下面，我们就来讲讲这个故事。

第二篇　地球有多大

第四章　事物如何测定

要是让你挑出有史以来最不愉快的实地科学考察，你肯定很难挑得出比 1735 年法国皇家科学院的秘鲁远征更加倒霉的。在一位名叫皮埃尔・布格的水文工作者和一位名叫查理・玛丽・孔达米纳的军人数学家的率领下，一个由科学家和冒险家组成的小组前往秘鲁，旨在用三角测量法测定穿越安第斯山脉的距离。

那个时候，人们感染上了一种了解地球的强烈欲望，想要确定地球有多大年龄，多少体积，悬在宇宙的哪个部分，是怎样形成的。法国小组的任务是要沿着一条直线，从基多附近的雅罗基开始，到如今位于厄瓜多尔的昆卡过去一点，测量 1 度经线（即地球圆周的 1/360）的长度，全长约为 320 千米，从而帮助解决这颗行星的周长问题。

事情几乎从一开始就出了问题，有时候还是令人瞠目的大问题。在基多，访客们不知怎的激怒了当地人，被手拿石头的暴民撵出了城。过不多久，由于跟某个女人产生误会，测量小组的一名医生被谋杀，组里的植物学家精神错乱，其他人或发热死去，或坠落丧命。考察队的第三号人物一个名叫让・戈丁的男人跟一位 13 岁的姑娘私奔，怎么也劝不回来。

测量小组有一次不得不停止工作 8 个月；同时，孔达米纳骑马去利马，解决一个许可证问题，而他最后和布格互不说话，拒绝合作。这个人数越来越少的测量小组每到一处都让当地官员们心存狐疑，他们很难相信，这批法国科学家为了测量世界而会绕过半个地球。两个半世纪以后，这似乎仍是个很有道理的问题：法国人犯不着吃那么多苦头跑到安第斯山脉，干吗不就在法国搞测量？

一方面，这是因为 18 世纪的科学家，尤其是法国科学家，办事很少用简单的办法。另一方面，这与一个实际问题有关：多年前英国天文家埃德

蒙·哈雷提出过测算地球年龄和到太阳距离的方法。

哈雷是个不同凡响的人物，在他的一生中，他当过船长、地图绘制员、牛津大学几何学教授、皇家制币厂副厂长、皇家天文学家，是深海潜水钟的发明人。他写过有关磁力、潮汐和行星运动方面的权威文章，还天真地写过关于鸦片的效果的文章。他发明了气象图和运算表，提出了测算地球的年龄和地球到太阳距离的方法，甚至发明了一种把鱼类保鲜到淡季的实用方法。他唯一没有干过的就是发现那颗冠以他名字的彗星。他只是承认，在 1682 年见到的那颗彗星，就是别人分别在 1456 年、1531 年和 1607 年见到的同一颗彗星。这颗彗星直到 1758 年才被命名为哈雷彗星，那是在他去世大约 16 年之后。

然而，尽管他取得了这么多的成就，但他对人类知识的最大贡献也许只在于他参加了一次科学上的打赌。赌注不大，对方是那个时代的另外两位杰出人物，一位是罗伯特·胡克，人们现在记得最清楚的兴许是他描述了细胞；另一位是伟大而又威严的克里斯托弗·雷恩爵士，他起先其实是一位天文学家，后来还当过建筑师，虽然这一点人们现在往往不大记得。1683 年，哈雷、胡克和雷恩在伦敦吃饭，突然间谈话内容转向天体运动。据当时的科学家认为，行星往往倾向于以一种特殊的卵行线即以椭圆形在轨道上运行。雷恩慷慨地提出，要是他们中间谁能找到这个答案，他愿意发给他价值 40 先令（相当于两个星期的工资）的奖品。

胡克以好大喜功闻名，尽管有的见解不一定是他自己的。他声称他已经解决这个问题，但现在不愿意告诉大家，他的理由有趣而巧妙，说是这么做会使别人失去自己找出答案的机会。因此，他要“把答案保密一段时间，别人因此会知道怎么珍视它”。没有迹象表明，他后来有没有再想过这件事。可是，哈雷着了迷，一定要找到这个答案，还于次年前往剑桥大学，冒昧拜访该大学的数学教授艾萨克·牛顿，希望得到他的帮助。

牛顿绝对是个怪人，他聪明过人，但又离群索居，沉闷无趣，敏感多疑，注意力很不集中（据说，早晨他把脚伸出被窝以后，有时候突然之间思潮汹涌，会一动不动地坐上几个小时），会做出非常有趣的怪事。他建立了自己的实验室，也是剑桥大学的第一个实验室，但接着就从事异乎寻常的实验。有一次，他把一根大针插进眼窝，然后在“眼睛和尽可能接近眼睛后部的骨头之间”揉来揉去，目的只是为了看看会有什么事发生。结果，说来也奇怪，什么事儿也没有。另一次，他瞪大眼睛望着太阳，能望多久就望多久，以便发现对他的视力有什么影响，他这一次也没有受到严重的

伤害，虽然他不得不在暗室里待了几天，等着眼睛恢复过来。

与他的非凡天才相比，这些奇异的信念和古怪的特点算不了什么。即使在以常规方法工作的时候，他也往往显得很特别。在学生时代，他觉得普通数学局限性很大，对此感到十分失望，便发明了一种崭新的形式——微积分，但他有 27 年时间对谁也没有说起过这件事。他以同样的方式在光学领域工作，改变了我们对光的理解，为光谱学奠定了基础，但还是过了 30 年才把成果与别人分享。

尽管他那么聪明，但真正的科学只占他兴趣的一部分，他至少有一半工作时间花在炼金术和反复无常的宗教活动方面，而对这些活动不是涉猎，而是全身心地扑了进去。他偷偷信仰一种很危险的名叫阿里乌斯教的异教，该教的主要教义是认为根本没有三位一体（这有点儿讽刺意味，因为牛顿的工作单位就是剑桥大学的三一学院）。他花了无数个小时来研究耶路撒冷不复存在的所罗门王神殿的平面图（在此过程中他自学了希伯来语，以便阅读原文作品），认为该平面图隐藏着数学方面的线索，有助于知道基督第二次降临和世界末日的日期。他对炼金术同样无比热心。1936 年，经济学家约翰·梅纳德·凯恩斯在拍卖会上购得一箱子牛顿的文件，吃惊地发现那些材料绝大部分与光学或行星运动没有任何关系，而是些有关他潜心探索把低贱金属变成贵重金属的资料。20 世纪 70 年代，人们通过分析牛顿的一绺头发发现，里面含有汞这种元素，除了炼金术士、制帽商和温度计制造商以外，别人几乎不会感兴趣——其浓度大约是常人的 40 倍。另外他早晨有想不到起床的毛病，这也许是不足为怪的。

1684 年 8 月，哈雷不请自来，登门拜访牛顿。他指望从牛顿那里得到什么帮助，我们只能如此猜测。但是，多亏一位牛顿的密友亚伯拉罕·棣莫佛后来写的一篇叙述，我们才有了一篇有关科学界一次最有历史意义的会见记录：

> 1684 年，哈雷博士来剑桥拜访。他们在一起待了一会儿以后，博士问他，要是太阳的引力与行星离太阳距离的平方成反比，他认为行星运行的曲线会是什么样的。

这里提到的是一个数学问题，名叫平方反比律。哈雷坚信，这是解答问题的关键，虽然他对其中的奥秘没有把握。

> 艾萨克·牛顿马上回答说，会是一个椭圆。博士又高兴又惊讶，问他是怎么知道的。“哎呀，”他说，“我已经计算过。”接着，哈雷博士马上要他的计算材料。艾萨克爵士在材料堆里翻了一会儿，但是找不着。

这是很令人吃惊的，犹如有人说他已经找到了治愈癌症的方法，但又记不清处方放在哪里了。在哈雷的敦促之下，牛顿答应再算一遍，并写出一篇论文。他按诺言做了，但做得要多得多。有两年时间，他闭门不出，精心思考，涂涂画画，最后拿出了他的杰作：《自然哲学的数学原理》，更经常被称为《原理》。

极其偶然，历史也只有过几次吧，会有人作出如此敏锐而又出人意料的观察。人们无法确定究竟哪个更加惊人，是那个事实还是他的思想。《原理》的问世就是这样的一个时刻，它顿时使牛顿闻名遐迩。在他的余生里，他将生活在赞扬声和荣誉堆里，甚至成了英国因科学成就而被封为爵士的第一人。连伟大的德国数学家戈特弗里德·莱布尼兹也认为，他对数学的贡献比得上在他之前的所有成就的总和，尽管在谁先发明微积分的问题上，牛顿曾跟他进行过长期而又激烈的斗争。“没有任何凡人比牛顿更接近神。”哈雷深有感触地写道。他的同时代人以及此后的许多别人对此一直怀有同感。

《原理》一直被称为“最难看懂的书之一”（牛顿故意把书写得很难，那样就不会被他所谓的数学门外汉纠缠不休），但对看得懂的人来说，它是一盏明灯。它不仅从数学的角度解释了天体的轨道，而且指出了使天体运行的引力——万有引力。突然之间，宇宙里的每种运动都说得通了。

《原理》的核心是牛顿的三大运动定律（定律非常明确地指出，物体朝着推力的方向运动；它始终做匀速直线运动，直到某种外力起了作用，使它慢下来或改变它的方向；每个作用力都有相等的反作用力）以及他的万有引力定律。这说明，宇宙里的每个物体都吸引每个别的物体。这似乎不大可能，但当你在这里坐着的时候，你在用你自己小小的引力场吸引你周围的一切事物——墙壁、天花板、灯、宠物猫，而这些东西也在吸引你。牛顿认识到任何两个物体的引力，再用费曼的话来说，“与每个物体的质量成正比，与两者之间距离的平方成反比来变化”。换一种说法，要是你将两个物体之间的距离翻一番，两者之间的引力就弱 4 倍。这可以用下面的公式来表示：

$$F = G\frac{mm'}{R^2}$$

这个公式对我们大多数人来说当然是根本没有实际用途的，但至少我们欣赏它的优美、它的简洁。无论你走到哪里，只要做两个快速的乘法，一个简单的除法，嘿，就知道你的引力状况。这是人类提出的第一个真正有普遍意义的自然定律，也是牛顿到处深受人们尊敬的原因。

《原理》的产生是带有戏剧性的。令哈雷感到震惊的是，当这项工作快要完成的时候，牛顿和胡克为谁先发明了平方反比定律吵了起来，牛顿拒绝公开关键的第三卷，而没有这一卷，前面两卷就意义不大。只是在进行了紧张的穿梭外交，说了许多好话以后，哈雷才最后设法从那位脾气怪僻的教授那里索得了最后一卷。

哈雷的烦恼并没有完全结束。英国皇家学会本来答应出版这部作品，但现在打了退堂鼓，说是财政有困难。前一年，该学会曾经为《鱼类史》下了赌注，该书成本很高，结果赔了老本，他们担心一本关于数学原理的书不会有多大销路。哈雷尽管不很富裕，还是自己掏钱支付了这本书的出版费用。和以往一样，牛顿分文不出。更糟糕的是，哈雷这时候刚刚接受学会的书记员职位，他被告知，学会已经无力给他答应过的 50 英镑年薪，只能用几本《鱼类史》来支付。

牛顿定律解释了许许多多事情——海洋里潮水的飞溅和翻腾；行星的运动；为什么炮弹着地前沿着一条特定的弹道飞行；我们脚下的行星在以每小时几百千米的速度旋转，为什么我们没有被甩进太空但是，它们揭示的一个事实几乎马上引发了争议。

那就是，该定律认为，地球不是一个正圆体。根据牛顿的学说，地球自转产生的离心力，造成两极有点扁平，赤道有点鼓起，因此，这颗行星稍稍呈扁圆形。这意味着，1 度经线的长度，在意大利和苏格兰是不相等的。说得确切一点，离两极越远，长度越短。这对那些认为地球是个正圆球体，并以此来测量这颗行星的人来说不是个好消息。

在半个世纪的时间里，人们想要测算出地球的大小，大多使用很严格的测量方法。最先做这种尝试的人当中有一位英国数学家，名叫理查德·诺伍德。诺伍德在年轻时代曾带着个按照哈雷的式样制作的潜水钟去过百慕大，想要从海底捞点珍珠发大财。这个计划没有成功，因为那里没有珍珠，而且诺伍德的潜水钟也不灵。但诺伍德是个不愿意浪费一次经历的人。17 世纪初，百慕大在船长中间以难以确定位置著称。问题是海洋太大，百

慕大太小，用来解决这个差异的航海仪器严重不足，连 1 海里的长度还都说法不一。关于海洋的宽度，最细小的计算错误也会变得很大，因此船只往往因为极大的误差而找不到百慕大这样大小的目标。诺伍德爱好三角学知识，因此也爱好三角形，他想在航海方面用上一点数学，于是决定计算 1 度经线的长度。

诺伍德背靠着伦敦塔踏上了征途，历时两年向北走了 450 千米来到约克，一边走一边不停地拉直和测量一根链子。在此过程中，他考虑到土地的起伏、道路的弯曲，始终一丝不苟地对数据进行校正。最后一道工序，是在一年的同一天，一天的同一时间，在约克测量太阳的角度。他已经在伦敦作完第一次测量。根据这次测量，他推断，可以得出地球 1 度经线的长度，从而计算出地球的整个周长。这几乎是一项雄心勃勃的工作：1 度的长度只要算错一点儿，整个长度就会相差许多千米，但实际上，就像诺伍德自豪地竭力声称的那样，他的计算非常精确，相差“微乎其微”，说得更确切一点，相差不到 550 米。以米制来表达，他得出的数字是 1 度经线的长度为 110. 72 千米。

1637 年，诺伍德在航海方面的一部杰作《水手的实践》出版，立即赢得了一批读者。它再版了 17 次，在诺伍德去世 25 年以后仍在印刷。诺伍德携家人回到了百慕大，成为一名成功的种植园主，空闲时间便以他心爱的三角学来消遣。他在那里生活了 38 年。要是对大家说，他这 38 年过得很幸福，受到了人们的敬仰，大家一定会很高兴。但是，实际上并非如此。在离开英格兰以后的航行途中，他两个年幼的儿子跟纳撒尼尔·怀特牧师同住一个船舱，不知怎的让这位年轻的牧师深受精神创伤，在他余生的许多时间里会想方设法来找诺伍德的麻烦。

诺伍德的两个女儿的婚姻都不尽如人意，给她们的父亲带来了额外的痛苦。有个女婿可能受那位牧师的唆使，不断为了小事去法院控告诺伍德，惹得他非常气愤，还不得不经常去百慕大的那一头为自己辩护。最后，在 17 世纪 50 年代，百慕大开始流行审讯巫师，诺伍德提心吊胆地度过了最后的岁月，担心自己那些带有神秘符号的三角学论文会被看做在跟魔鬼交流，导致自己会被判处死刑。

与此同时，测定地球周长的势头已经到达法国。在那里，天文学家让·皮卡尔发明了一种极其复杂的三角测绘法，用上了扇形板、摆钟、天顶象限仪和天文望远镜（用来观察土星卫星的运动）。他花了两年时间穿越法国，用三角测绘法进行测量，之后，他宣布了一个更加精确的测量结

果：1 度经线长度为 110.46 千米。法国人为此感到非常自豪，但这个结果是建立在地球是个圆球这个假设上的，而牛顿说地球不是这种形状的。

更为复杂的是，皮卡尔死后，乔瓦尼和雅克・卡西尼父子在更大的区域内重复了皮卡尔的实验。他们得出的结果显示，地球鼓起的地方不是在赤道，而是在两极。换句话说，牛顿完全错了。正因为如此，科学院才派遣布格和孔达米纳去南美洲重新测量。

他们选择了安第斯山脉，因为他们需要测量靠近赤道的地方，以确定那里的圆度是否真有差异，还因为他们认为山区的视野比较开阔。实际上，秘鲁的大山经常云雾笼罩，这个小组常常不得不等上几个星期，才等得上一个小时的晴天来进行测量。不仅如此，他们选了个地球上几乎最难对付的地形，秘鲁人称这种地形是“非常少见”的。两个法国人不仅要翻越几座世界上最具挑战性的大山，而且，若要抵达那些大山，他们不得不涉过几条湍急的河流，钻过密密的丛林，穿越几千米高高的卵石沙漠，这些地方在地图上几乎都没有标记，远离供给来源。但是，布格和孔达米纳是坚韧不拔的人。他们不屈不挠，不怕风吹日晒，坚持执行任务，度过了漫长的九年半时间。在这个项目快要完成的时候，他们突然得到消息，说另一个法国考察队在斯堪的纳维亚半岛北部进行测量，发现 1 度经线在两极附近果真要长，正如牛顿断言的那样。地球在赤道地区的测量结果，要比环绕两极从上到下测量的结果厚出 43 千米。

因此，布格和孔达米纳花了将近 10 年时间，得出了一个他们不希望得出的结果，而且这个结果还不是他们第一个得出的。他们没精打采地结束了测量工作，只是证明第一个法国小组是正确的。然后，他们依然默不作声地回到海边，分别乘船踏上了归途。

牛顿在《原理》中作的另一个推测是：一根挂在大山附近的铅锤线，会受到大山和地球引力的影响，稍稍向着大山倾斜。这个推测很有意思，要是你精确测量那个偏差，计算大山的质量，你可以算出万有引力的常数，即引力的基本值。

布格和孔达米纳在秘鲁的钦博拉索山作过这种试验，但是没有成功，一方面是因为技术难度很大，一方面是因为他们内部吵得不可开交。因此，这件事被暂时搁置下来，30 年后才在英国由皇家天文学家内维尔・马斯基林重新启动。达娃・索贝尔在她的畅销书《经线》中，把马斯基林说成是个傻瓜和坏蛋，不会欣赏钟匠约翰・哈里森的卓越才华，这话也许没错儿，但是，我们要在她书里没有提到的其他方面感激马斯基林，尤其要感激他

制订了称地球重量的成功方案。

马斯基林意识到，问题的关键在于找到一座形状规则的山，能够估测它的质量。在他的敦促之下，英国皇家学会同意聘请一位可靠的人去考察英伦三岛，看看能否找到这样的一座山。马斯基林恰好认识这样的一个人——天文学家和测量学家查尔斯·梅森。马斯基林和梅森 11 年前已经成为朋友，他们曾一块儿承担一个测量，一起担负重大天文事件的项目：金星凌日现象。不知疲倦的埃德蒙·哈雷几年前已经建议，要是在地球上选定几个位置测量一次这种现象，你就可以用三角测绘法的定律来计算地球到太阳的距离，并由此计算出到太阳系所有其他天体间的距离。

不幸的是，所谓的金星凌日是一件不规则的事。这一现象结对而来，相隔 8 年，然后一个世纪甚至更长时间都不发生一次。在哈雷的生命期里不会发生这种现象。但是，这个想法一直存在。1761 年，在哈雷去世将近 20 年以后，当下一次凌日准时来到的时候，科学界已经做好准备工作——准备得比观测以往任何一次天文现象都要充分。

凭着吃苦的本能科学家们奔赴全球 100 多个地点，其中有俄罗斯西伯利亚、中国、南非、印度尼西亚以及美国威斯康星州的丛林。法国派出了 32 名观测人员，英国 18 名，还有来自瑞典、俄罗斯、意大利、德国、冰岛等国的观测人员。

这是历史上第一次国际合作的科学活动，但它几乎到处困难重重。许多观测人员遇上了战争、疾病或海难。有的抵达了目的地，但打开箱子一看，仪器已经破碎或被热带灼人的阳光烤弯法国人似乎命中注定要再一次遭遇倒霉的厄运。让·沙佩乘马车，乘船，乘雪橇，花了几个月才到达西伯利亚，每一段颠簸的路途中都得小心护着容易损坏的仪器。最后只剩下关键的一段行程，却被一条涨水的河流挡住了去路。原来，就在他到达前不久，当地下了一场罕见的春雨。当地人马上怪罪于他，因为他们看到他把古怪的仪器对准天空。沙佩设法逃跑保住了性命，但没有进行到任何有意义的测量工作。

更倒霉的是纪晓姆·让蒂，他的经历被蒂姆西·费里斯在《在银河系里成长》一书里作了精彩而简要的描述。让蒂提前一年从法国出发，打算在印度观测这次凌日现象，但遇到了种种挫折，直至发生凌日的那一天还在海上，这几乎是最糟糕的事儿，因为测量需要保持平稳状态，而这在颠簸的船上根本无法做到。

让蒂并不气馁，继续前往印度，等待 1769 年的下一次凌日现象。他有

8 年的准备时间，因此建立了一个一流的观察站。他一次又一次测试他的仪器，把准备工作做得完美无缺。1769 年 6 月 4 日是发生第二次凌日现象的日子，早晨醒来，他看到是个艳阳天。但是，正当金星从太阳表面通过的时候，一朵乌云挡住了太阳，在那里停留了 3 小时 14 分 7 秒的时间，几乎恰好是这次金星凌日的时间。

让蒂大失所望地收拾仪器，前往最近的港口，而途中又患了痢疾，有将近一年时间卧床不起。他不顾身体的虚弱，最后登上了一条船，这条船在非洲近海的一次飓风中几乎失事。出门 11 年半以后，他终于回到家里。他一无所获，却发现他的亲戚已经宣布他死亡，争先恐后地夺走了他的财产。

相较而言，英国派到各地的 18 名观测人员所经历的失望就不算什么了。梅森与一位名叫杰里迈亚・狄克逊的年轻测量员搭档，相处得显然不错，两人还结成了持久的伙伴关系。他们奉命去苏门答腊，在那里绘制凌日图。但他们的船出海的第二天晚上就受到了一条法国护卫舰的攻击（尽管科学家们处于一种国际合作的心态之中，但国家并非如此）。梅森和狄克逊给皇家学会发了一封短信，说看来公海上非常危险，不知道整个计划是不是应该取消。他们很快收到一封令人寒心的回信，信中先是对他们一顿臭骂，然后又说他们已经拿了钱，国家和科学界都对他们寄予希望，他们不把计划进行下去就会颜面扫地。他们改变了想法，继续往前驶去，但途中传来消息说，苏门答腊已经落入法国人之手。因此，他们最终是在好望角观测这次凌日现象的，效果很不好。回国途中，他们来到大西洋一个孤零零的小岛——圣赫勒拿岛上，作了短暂停留，在那里遇上了马斯基林。由于乌云覆盖，马斯基林的观测工作无法进行。梅森和马斯基林建立起了牢固的友谊，一起绘制潮流图，度过了几周快活的，甚至是比较有意义的日子。

此后不久，马斯基林回到英国，成为皇家天文学家，而梅森和狄克逊——这时候显然更加成熟——起程前往美洲，度过漫长而时常是险象环生的 4 年。他们穿越 393 千米危险的荒原，一路上搞测量工作，以解决威廉・佩恩和巴尔的摩勋爵两人地产之间的以及他们各自殖民地——宾夕法尼亚和马里兰，之间的边界纠纷，其结果就是那条著名的梅森・狄克逊线。后来，这条线象征性地被看做是美国奴隶州和自由州之间的分界线（这条线是他们的主要任务，但他们还进行了几次天文观测。其中有一次，他们对 1 度经线的长度作了当时那个世纪最精确的测量。由于这项成就，他们

在英国赢得了比解决两位被宠坏了的贵族之间的边界纠纷高得多的赞扬）。

回到欧洲以后，马斯基林对他的德国和法国同行不得不下结论，1761年的凌日观测工作基本失败。具有讽刺意味的是，问题之一在于观测的次数太多。把观测结果放在一起，往往证明互相矛盾，无法统一。成功绘制金星凌日图的却是一位不知名的约克郡出生的船长，名叫詹姆斯·库克。他在塔希提岛一个阳光普照的山顶上观看了1769年的凌日现象，接着又绘制了澳大利亚的地图，宣布它为英国皇家殖民地。他一回到国内，就听说法国天文学家约瑟夫·拉朗德已经计算出，地球到太阳的平均距离略略超过1.5亿千米（19世纪又发生两次凌日现象，天文学由此得出的距离是1.4959亿千米，这个数字一直保持到现在。我们现在知道，确切的距离应该是1.49597870691亿千米），地球在太空中终于有了个方位。

梅森和狄克逊回到英国，成了科学上的英雄，但是，不知什么原因，他们的伙伴关系却破裂了。他们经常出现在18世纪的重大科学活动中，但如今人们对这两个人的情况知道得如此之少，想到这里，会发现这是很引人注目的。没有照片，极少文字资料。关于狄克逊，《英国人名词典》巧妙地提到，他"据说生在煤矿里"，然后让读者去发挥自己的想象力，提供合理的解释。《词典》接着说，他1777年死于达勒姆。除了他的名字和他与梅森的长期伙伴关系以外，别的一无所知。

关于梅森的情况，资料稍多一点。我们知道，1772年，他应马斯基林的请求，奉命寻找一座山，供测量引力偏差之用；最后，他发回报告，他们需要的山位于苏格兰高地中部，就在泰湖那里，名叫斯希哈林山。然而，他怎么也不肯花一个夏天来对它进行测量，所以他再也没有回到现场。人们知道，他的下一个活动是在1786年。他突然又神秘地带着他的妻子和8个孩子出现在费城，显然穷困潦倒。他18年前在那里完成测量工作以后没有回过美洲，这次回来没有明显的理由，也没有朋友或资助人迎接他。几个星期以后，他死了。

由于梅森不愿意测量那座山，这个工作落在了马斯基林身上。1774年夏天，有4个月时间，马斯基林在一个遥远的苏格兰峡谷的帐篷里指挥一组测量员。他们从每个可能的位置作了数百次测量，要从这么一大堆的数据中得出那座大山的质量，需要进行大量而又枯燥的计算。承担这项工作的是一位名叫查尔斯·赫顿的数学家。测量员们在地图上写满了几十个数据，每一个都表示山上或山边某个位置的高度，这些数字真是又多又乱。但是，赫顿注意到，只要用铅笔把高度相等的点连起来，一切就显得很有

秩序了。实际上，你马上可以知道这座山的整体形状和坡度。于是，他发明了等高线。

根据斯希哈林山的测量结果，赫顿计算出地球的质量为 5000 万亿吨。在此基础上，可以推算出太阳系里包括太阳在内的所有主要天体的质量。因此，我们从这一次实验知道了地球、太阳、月球和其他行星及其卫星的质量，另外还发明了等高线，这一个夏天的收获真是不小。

然而，不是人人都对结果感到很满意。斯希哈林山实验的不足之处在于，你不知道该山的真正密度，因此不可能得出一个真正确切的数字。为了方便起见，赫顿假设这座山的密度与普通石头相等，即大约是水的密度的 2. 5 倍，但这不过是根据经验所作的估计。

有一个似乎为此事不可能相关的人把注意力转向这个问题。他是个乡下人，名叫约翰·米歇尔，家住约克郡人迹稀少的桑希尔村。尽管环境偏僻而简陋，米歇尔却是 18 世纪一位伟大的科学思想家，深受人们的尊敬。

尤其是，他认识到地震的波动性质，对磁场和引力进行了大量创造性的研究，比任何人都早 200 年设想过黑洞的存在，这是相当了不起的，连牛顿都跨不出这么一大步。当德国出生的音乐家威廉·赫歇尔认为自己生活中的真正兴趣是天文学的时候，他就向米歇尔讨教了天文望远镜的制作方法。自那以来，行星科学界一直为此对他怀有感激之情。

然而，在米歇尔的成就当中，最精巧或最有影响的莫过于他自己设计、自己制作的一台用于测量地球质量的仪器。不幸的是，他生前没能完成这项试验。这项试验以及必要的设备都传给了一位杰出而又离群索居的伦敦科学家，他的名字叫亨利·卡文迪许。

卡文迪许本身就是一部书，他生于一个生活奢华的权贵家庭，祖父和外祖父分别是德文郡公爵和肯特公爵，是那个年代最有才华而又极其古怪的英国科学家。几位作家为他写过传记，用其中一位的话来说，他特别腼腆，“几乎到了病态的程度”。他跟任何人接触都会感到局促不安，连他的管家都要以书信的方式跟他交流。

有一回，他打开房门，只见前门台阶上立着一位刚从维也纳来的奥地利仰慕者。那奥地利人非常激动，对他赞不绝口。一时之间，卡文迪许听着那些赞扬，仿佛挨了一记闷棍，接着，他再也无法忍受，顺着小路飞奔，出了大门，连前门也顾不得关上。几个小时以后，他才被劝说回家。

有时候，他也大胆涉足社交界，尤其热心于每周一次的由伟大的博物学家约瑟夫·班克斯举办的科学界聚会，但班克斯总是对别的客人讲清楚，

大家决不能靠近卡文迪许，甚至不能看他一眼。那些想要听取他的意见的人被建议晃悠到他的附近，仿佛不是有意的，然后“只当那里没有人那样说话”。如果他们的话算得上是在谈论科学知识，他们也许会得到一个含糊的回答，但更经常的情形是听到一声怒气冲冲的尖叫（他好像一直是尖声尖气的)，转过身来发现真的没有人，只见卡文迪许飞也似的逃向一个比较安静的角落。

卡文迪许钱又多，性格又孤僻，正好有条件把他在克拉彭的房子变成个大实验室，以便不受干扰地探索物理学的每个角落。18 世纪末，是爱好科学的人们对基本物质——尤其是气体和电的性质发生浓厚兴趣的时代，又是开始知道怎么对付它们的时代，但往往是热情有余，理智不足。在美国，本杰明·富兰克林不顾生命危险在大雷雨里放风筝，这是很有名的。在法国，一位名叫皮拉特尔·罗齐耶的化学家含了一口氢喷在明火上，以测试氢的可燃性，其结果是证明了氢确实是易爆物质，眉毛也不一定是人的脸上一个永久的特征。卡文迪许也作了许多实验，他曾经逐步加大在自己身上的电击强度，仔细体会逐渐厉害的痛苦，直到拿不住手里的羽毛管，有时候甚至会留不住自己的知觉。

在卡文迪许漫长的一生中，他取得了一系列重大发现——其中，他是分离氢的第一人，把氢和氧化合成水的第一人。但是，他所做的一切都脱离不了“古怪”两个字。他经常在出版的作品中提到从没有告诉过任何人的实验结果，这使他的科学家同行们很气恼。但是，尽管遮遮掩掩，他不光模仿牛顿，而且想要努力超过他。他对导电性能的实验超前了一个世纪，但不幸的是，直到那个世纪过去才被人发现。直到 19 世纪末，剑桥大学物理学家詹姆斯·克拉克·麦克斯韦承担了编辑卡文迪许文献的任务，他的大部分成就才为人所知。而到那个时候发现虽然是他的，但功劳几乎总是已经归属别人。

其中，卡文迪许发现或预见到了能量守恒定律、欧姆定律、道尔顿的分压定律、里克特的反比定律、查理的气体定律以及电传导定律，但都没有告诉别人，而这只是其中的一部分。据科学史家克劳瑟说，他还预见了“开尔文和达尔文关于潮汐摩擦对减慢地球自转速度作用的成果，拉摩尔关于局部大气变冷的作用的发现（发表于 1915 年）……皮克林关于冷冻混合物的成就以及罗斯布姆关于异质平衡的某些成果”。最后，他还留下线索，直接导致一组名叫惰性气体的元素的发现。其中有几种是极难获得的，最后一种直到 1962 年才被发现。不过，我们现在的兴趣是卡文迪许所作的最

后一次著名的试验。1797 年夏末，67 岁高龄的卡文迪译把注意力转向约翰·米歇尔，显然只是出于科学上的敬意留给他的几箱子设备。

装配完毕以后，米歇尔的仪器看上去很像是一台 18 世纪的鹦鹉螺牌举重练习机，它由重物、砝码、摆锤、轴和扭转钢丝组成。仪器的核心是两个 635 千克重的铅球，悬在两个较小球体的两侧。装配这台设备的目的是要测量两个大球给小球造成的引力偏差，这将使首次测量一种难以捉摸的力，并由此推测地球的重量（严格来说是质量）。

引力使行星保持在轨道上，使物体砰然坠落，因此很容易被认为是一种强大的力。其实不然，它只是在整体意义上强大：一个巨大的物体，比如太阳，牵住另一个巨大的物体，比如地球。而在基础的层面上，引力却极小。每次你从桌子上拿起一本书，或从地板上拾起一枚硬币，可以毫不费劲就克服了整个行星施加的引力。卡文迪许想要做的，就是在极轻的层面上测量引力。

精密是个关键词，设备所在的房间里，容不得半点儿干扰。因此，卡文迪许就待在旁边的一间屋里，用望远镜瞄准一个窥孔来进行观察。这项工作是极其费劲的，要作 17 次精密而又互不关联的测量，他总共花了将近一年时间才完成。卡文迪许终于计算完毕，宣布地球的重量略略超过 5.9×10^{21} 吨。

今天科学家手里的仪器，其精确度之高，可以测定一个细菌的重量；其灵敏度之高，有人在 25 米以外打个呵欠都会干扰读数。但是，他们对卡文迪许 1797 年的测量结果没有重大改动。目前对地球重量的最准确估计数是 5.9725×10^{21} 吨，与卡文迪许的结果只相差 1% 左右。有意思的是，这一切都只是证实了在卡文迪许 110 年之前牛顿的估计，而且没有迹象表明牛顿作过任何试验。

无论如何，到 18 世纪末，科学家们已经知道地球的确切形状和大小，以及地球到太阳和各个行星的距离，连足不出户的卡文迪许都已算出了它们的重量。于是，你或许会认为，确定地球的年龄会是一件相对容易的事。毕竟，他们实际上已经掌握一切必要的资料，然而实际情形并非如此。人类要等到能够分裂原子，发明电视、尼龙和速溶咖啡以后，才算得出我们自己这颗行星的年龄。

若要知道其中的原因，我们必须北上去一趟苏格兰，先去拜访一位杰出而又可亲的人。这个人很少有人听说过，他刚刚发明了一门新学科：地质学。

第五章　敲石头的好事者

正当亨利·卡文迪许在伦敦完成试验的时候，在650千米之外的爱丁堡，另一个重大时刻随着詹姆斯·赫顿的去世即将到来。这对赫顿来说当然是坏消息，但对科学界来说却是个好消息，因为它为一个名叫约翰·普莱费尔的人改写赫顿的作品铺平了道路。

赫顿毫无疑问是个目光敏锐、非常健谈的人，也是一个愉快的伙伴，他在了解地球那神秘而又缓慢的形成过程方面是无与伦比的。不幸的是，他不会以人人都能基本理解的形式写下他的见解，有一位传记作家长叹，说他“几乎完全不懂得怎么使用语言”，人们看他写的每一行字差不多都会想要睡觉。在他1795年的杰作《地球论以及证据与说明》中，他是这样讨论某个问题的：

> 我们居住的世界不是由组成当时地球的直接前身的物质所构成的，而是从当今往前追溯，由我们认为是第三代的地球的物质所构成的，那个地球出现在陆地露出海面之前，而我们现今的陆地还在海水底下。

不过，他几乎独自一人，而且非常英明地开创了地质学，改变了我们对地球的认识。赫顿1726年生于一个富裕的苏格兰家庭，享受着舒适的物质条件，所以能以工作轻松、全面提高学识的方式度过大半辈子。他学的是医学，但发现自己不喜欢医学，于是改学农业。他一直在贝里克郡的自家农场里以从容而又科学的方式务农。1768年，他对土地和羊群感到厌倦，迁到了爱丁堡。在那里他建立了一家很成功的企业，用煤烟生产氯化铵，同时忙于各种科学研究。那个时候，爱丁堡是知识分子活跃的中心，赫顿在这种充满希望的环境里如鱼得水，他成为一个名叫牡蛎俱乐部的学会的主要成员。他在那里和其他人一起度过了许多夜晚，其中有经济学家亚当·斯密、化学家约瑟夫·布莱克和哲学家戴维·休谟，还有偶尔光临的本杰明·富兰克林和詹姆斯·瓦特。

按照那个年代的传统，赫顿差不多对什么都有兴趣，从矿物学到玄学。其中，他用化学品搞试验，调查开采煤矿和修筑运河的方法，考察盐矿，推测遗传机制，收集化石，提出关于雨、空气的组成和运动定律方面的理

论。但是，他最感兴趣的还是地质学。

在那个爱好钻研的时代，在许多令人感兴趣的问题当中，有个问题长期以来困扰着人们，即山顶上为什么经常发现古代的蛤蜊壳和别的海生物化石，它们到底是怎么到那里的？许多人认为自己已经找到答案，并且他们分为两个对立的阵营。水成论者认为，地球上的一切，包括在高处的海洋贝壳，可以用海平面的升高和降低来解释。他们认为，山脉、丘陵和其他地貌与地球本身一样古老，只是在全球洪水时期被水冲刷的过程中发生了一些变化。

水成论者的对立面是火成论者。他们认为有许多充满活力的动因，其中，火山和地震不断改变这颗行星的表面，但显然跟遥远的大海毫无关系。火成论者还提出难以回答的问题：不发洪水的时候，这水都流到哪里去了？要是有时候存在足以淹没阿尔卑斯山的水，那么请问，在平静下来以后，比如现在，这水都流到哪里去了？他们认为，地球受到内部深处的力和表面的力的作用。然而，他们无法令人信服地解释，蛤蜊的壳究竟是怎么跑到山顶上去的。

就是在考虑这些问题的过程中，赫顿提出了一系列不同凡响的见解。他朝自己的农田一看，只见岩石经过腐蚀变成了土壤，土壤粒子被溪水和河水冲刷，带到别处沉积下来。他意识到，要是这个过程持续到地球的自然灭亡之时，那么地球最终会被磨得非常光滑。然而，他身边到处是丘陵。显而易见，肯定还有某种别的过程，某种形式的更新和隆起，创造了新的丘陵和新的大山，不停地如此循环。他认为，山顶上的海洋生物化石不是发洪水期间沉积的，而是跟大山本身一起隆起来的。他还推测，是地球内部的地热创造了新的岩石和大陆，顶起了新的山脉。说得客气一点，地质学家不愿意理解这种见解的全部含义，直到 200 年之后，这时候，他们终于采纳了板块构造论。赫顿的理论尤其提出，形成地球的过程需要很长时间，比任何人想象的还要长得多。这里面有好多深刻的见解，足以彻底改变我们对这颗行星的认识。

1785 年，赫顿把他的看法写成一篇很长的论文，并在爱丁堡皇家学会的几次会议上宣读，但它几乎没有引起大家的注意。原因不难找到，一定程度上，他就是这样向听众宣读论文的：

> 在一种情况下，形成的力量在独立存在的物体内部。这是因为，这个物体被热激活以后，是通过物体的特有物质的反应，形

> 成了构成脉络的裂口。在另一种情况下，还是一样，相对于在其内部形成脉络的物体来说，原因是外在的。已经发生了最猛烈的断裂和扯裂，但是那个原因还在努力，它不是出现在脉络里，因为它不是在我们地球坚实的物体内部。

不用说，听众里几乎谁也不懂他在说些什么。朋友们鼓励他把他的理论展开一下，希望他能在更大的篇幅里碰巧讲得清楚一点，这是很感人的。赫顿花了此后的 10 年时间准备他的巨著，并且于 1795 年以两卷本出版。

这两本书加起来有将近 1000 页，写得比他最悲观的朋友担心的还要糟糕，真是不可思议。此外，这部作品的内容将近一半引自法国的资料，仍然以法文的形式出现。第三卷非常缺少吸引力，直到 1899 年才出版，那是在赫顿去世一个多世纪以后，而第四卷即最后一卷根本没有出版。赫顿的《地球论》很有资格当选为读者最少的重要科学著作连 19 世纪最伟大的地质学家，什么书都看过的查尔斯·莱尔也承认，这本书他实在读不下去。

还算幸运，赫顿在约翰·普莱费尔身上找到了一个鲍斯韦尔式的人物。普莱费尔是爱丁堡大学的数学教授，赫顿的一位密友。他不但写得出漂亮的散文，而且多年在赫顿身边，在大多数情况下知道赫顿其实想要说些什么。1802 年，在赫顿去世 5 年以后，普莱费尔推出了赫顿原理的简写本，题目叫做《关于赫顿地球论的说明》。这本书受到了对地质学感兴趣的人的欢迎，虽然这种人在 1802 年还为数不多。然而，情况快要发生变化了。

1807 年冬，伦敦 13 个志同道合的人在科文特加登广场朗埃克街的共济会酒店聚会，成立了一个餐饮俱乐部，后来取名为地质学会。学会每月碰一次头，一边喝一两杯马德拉白葡萄酒，吃一顿交际饭，一边交换对地质学的看法。这顿饭的价钱故意定在昂贵的 15 先令，以便使那些只有头脑的人望而却步。然而，事情很快就发生变化，他们需要有个设有永久性总部的合适机构，让人们可以在那里分享和讨论新的发现。不到 10 年，成员就发展到 400 名，仍都是绅士，地质学会成为该国的首要科学社团。

从 11 月到次年 6 月，会员每月碰头两次，因为到这个时候，实际上所有的人都已出门，整个夏天在做野外工作。你要知道，这些人出去找矿石不是为了挣钱，在大多数情况下甚至也不是学者，它不过是既有钱又有时间的绅士在比较专业的层面上从事的一种爱好。到 1830 年，地质学会已经发展到 745 名会员。

这种情形在现在是难以想象的，但地质学激活了 19 世纪的人，完全抓

住了他们的注意力，这是任何科学以前没有过，或许将来也不会有的情况。1839 年，罗德里克·默奇森出版了《志留纪体系》，一本又厚又重的书，研究一种名叫杂砂岩的岩石。它顿时成为一本畅销书，很快出了 4 版，虽然一册要卖到 8 个几尼，而且具有真正的赫顿风格，即很难读得懂（连默奇森的支持者也承认，它“毫无文学作品的魅力”）。而当伟大的查尔斯·莱尔于 1841 年去美国，在波士顿开设一系列讲座的时候，每次都有 3000 名听众挤进洛韦尔学院，静静地听他描述海洋沸石和地震在坎帕尼亚引起的震动。

在整个近代思想界，尤其在英国，有学问的人都会下乡去干一点他们所谓的“敲石头”的活儿，并且干得还一本正经。他们往往打扮得很有吸引力：头戴高顶大礼帽，身穿黑色套装。只有牛津大学的威廉·巴克兰牧师是个例外，他习惯于穿博士服做野外工作。

野外吸引了许多杰出人士，尤其是上面提到的默奇森，他大约花了前半生近 30 年时间来骑着马追赶狐狸，用猎枪把空中飞行的鸟儿变成一簇簇飘扬的羽毛。除了阅读《泰晤士报》和打一手好牌以外，他没有显示出任何会动脑子的迹象。接着，他对岩石发生了兴趣，以吃惊的速度一跃成为地质学思想界的巨人。

再就是詹姆斯·帕金森博士，他还是早期的社会主义者，写过许多富有鼓动性的小册子，比如《不流血的革命》。1794 年，发生了一次听上去有点儿疯狂的阴谋，叫做“玩具气枪计划”，有人打算趁国王乔治三世在剧院包厢里看戏的机会用带毒的飞镖射中他的脖子。帕金森跟这件事有牵连，被带到枢密院进行盘问，差一点被戴上镣铐发配到澳大利亚。但是，对他的指控后来不了了之。从那之后他渐渐对生活采取比较保守的态度，并开始对地质学产生了兴趣，最终成为地质学会的创始人之一和一部重要的地质学作品《上个世界的有机遗骸》的作者。有半个世纪的时间，这本书不停地被再版印刷，而他再也没有制造过麻烦。然而，今天我们之所以记得他，是因为他对一种疾病的具有划时代意义的研究。这种疾病在当时被称为“震颤性麻痹”，但之后一直被叫做帕金森综合征。帕金森在另一个方面也稍有名气：1785 年，他很可能成了历史上独一无二的人，在一次兑奖销售活动中赢得一个自然史博物馆。这家博物馆位于伦敦的莱斯特广场，原本是阿什顿·利弗建立的，但利弗无节制地搜集自然宝物，最后搞得倾家荡产。帕金森将这个博物馆保留到 1805 年，再也维持不下去，便把收藏品拆卖了。

有个人在性格上不如帕金森那样引人注目，但影响比当时所有地质界的人的影响加起来还要大，这个人就是查尔斯·莱尔。莱尔生于赫顿去世的那一年，离赫顿家只有 113 千米的金诺迪村。他的父母是苏格兰人，但他在遥远的南方城镇英格兰汉普郡的新森林长大，因为他的母亲认为苏格兰人又懒又爱喝酒。总的来说，他和 19 世纪绅士科学家一模一样，也来自生活优裕、思想活跃的家庭。他的父亲也叫查尔斯，是个大名鼎鼎的人，是研究诗人但丁和藓沼（即莱尔藓，大多数去过英国乡村的人都在上面坐过，就是以他的姓氏命名的）方面的主要权威。莱尔受他父亲的感染，对自然史产生了兴趣，然而，是在牛津大学，在威廉·巴克兰的影响之下，莱尔才开始把毕生的精力献给了地质学。

巴克兰多少是个有魅力的怪人。他做出过一些真正的成就，但人们至少很大程度上也是因为他的怪僻性格才记得他。他尤其以养了一群野兽出名，其中有的很大，有的很危险。那些野兽可以在他的屋子和花园里自由走动。他还以吃遍开天辟地以来有过的每一种动物而闻名，他会以烘豚鼠、面糊耗子、烤刺猬或煮东南亚海参来招待家里的客人，这取决于他的一时冲动和是否有货。巴克兰觉得它们的味道都不错，但菜园里的普通鼹鼠除外，他宣称这种动物的味道是令人恶心的。他几乎势必成为粪便化石的权威，家里有一张桌子几乎完全用收集来的这类标本制成。

即使在从事严肃的科学活动的时候，他的方式一般来说也是怪怪的。有一次，巴克兰半夜里于兴奋之中把他的太太推醒，大叫一声："天哪，我认为，化石上的脚印肯定是乌龟的脚印。"夫妻俩穿着睡衣急匆匆地来到厨房，巴克兰太太和了面团，铺在那张桌上，巴克兰牧师拿来家里养的乌龟。他们把乌龟往面团上一扔，赶着它往前走。他们高兴地发现，它的脚印果然和巴克兰一直在研究的化石上的脚印完全一致。查尔斯·达尔文认为巴克兰是个小丑——这是他的原话——而莱尔却似乎觉得他对自己很有启发，还很喜欢他，并于 1824 年和他一块儿去了苏格兰。就是在那次苏格兰之行以后，莱尔决定放弃律师职业，把全部时间投入到了地质学当中。

莱尔近视得厉害，在一生的大部分时间里他都痛苦地眯着眼睛，因此露出一副愁眉苦脸的样子（最后，他完全丧失了视力）。他还有一个有点古怪的地方，当他想得出神的时候，他会在家具上摆出难以想象的姿势——要么横在两张椅子上，要么（用他的朋友达尔文的话来说）"头枕着椅子面，身体站得笔直"。一旦陷入沉思，他往往会慢慢地从椅子上滑下来，臀部几乎贴着地板。莱尔一生中的唯一工作是在 1831—1833 年期间当

过伦敦大学国王学院的地质学教授，就是在这段时间里，他写出了《地质学原理》，并在1830—1833年期间分3卷出版。这部书在许多方面巩固和阐述了一代人之前由赫顿首先提出的见解（虽然莱尔从来没有读过赫顿作品的原文，但他怀着浓厚的兴趣研究过普莱费尔的改写本）。

在赫顿时代和莱尔时代之间，地质学界发生了一场新的争论。它在很大程度上取代了过去的水成论与火成论之争，而又往往交混在一起。新的战斗称为灾变论和均变论之争——给一场重要而又旷日持久的争论起这样的名字，似乎有点儿不够味儿。灾变论者认为，地球是由突发的灾难性事件形成的——主要是洪水，这就是人们常常把灾变论和水成论互相混淆的原因。灾变论尤其迎合巴克兰这样的教士的心理，这样他们可以把《圣经》里诺亚时代的洪水纳入严肃的科学讨论。均变论者恰恰相反，认为地球上的变化是逐渐形成的，几乎所有的地质变化过程都是缓慢的，都要经历漫长的时间。最先提出这种见解的与其说是莱尔，不如说是赫顿，但大多数人读的是莱尔的作品，因此在大多数人的脑海里，无论是当时还是现在，莱尔成了近代地质学之父。

莱尔认为，地球的变迁是一贯的、缓慢的，过去已经发生过的一切都可以用今天仍在发生的事情来解释。莱尔和他的信徒们不但瞧不起灾变论，而且对它深恶痛绝。灾变论者认为，绝种是一系列过程的组成部分，在此过程中，动物不断灭亡，被新的动物取而代之。博物学家赫胥黎把这种看法挖苦地比做是“惠斯特牌戏里的一连串胜局，到了最后，打牌的人推翻桌子，要求换一副新牌”。“以这种方法来解释未知的事物未免过于省劲。从来没有见过比这样的一种教条更蓄意助长懒汉精神，更削弱人们的好奇心的了。”莱尔嗤之以鼻地说。

莱尔的失误并不算少：他没有令人信服地解释山脉是怎么形成的，没有看到冰河是个变化的动因。他不愿意接受阿加西斯关于冰期的观点，他轻描淡写地将其称为“地球制冷”，坚信“在最古老的化石床里会发现”哺乳动物。他拒绝接受关于动物和植物突然死亡的看法，认为所有主要的动物群体，哺乳动物、爬行动物、鱼类等，自古以来一直同时存在。在这些问题上，最后证明他是完全错误的。

然而，莱尔的影响几乎怎么说也不过分。《地质学原理》在他生前出了12版，直到20世纪，书里包含的一些观点依然被地质学界奉为圭臬。达尔文乘“猎犬”号环球航行途中还随身带着一本《地质学原理》，而且是该书的第一版。他后来写道：“《原理》的最大优点在于它改变了一个人

的整个思想状态；因此，当见到一样莱尔从没有见到过的东西的时候，你在一定程度上是以他的眼光来看的。”总之，他差不多把莱尔看做是个神，就像他那一代的许多人一样。20 世纪 80 年代，当地质学家不得不摈弃他的一部分理论，以适应关于绝种的撞击理论的时候，他们简直痛苦得要命。这充分说明了莱尔的影响之大。不过，那是后话了。

与此同时，地质学有大量的分类工作要做，这项工作不是什么都一帆风顺的。从一开始，地质学家就想把岩石按其形成的时期来进行分类，但在怎么划分时期的问题上经常发生激烈的争论——而且是一场旷日持久的争论，后来被称为“泥盆纪大争论”。剑桥大学的亚当·塞奇威克牧师断言有一层岩石是寒武纪的，而罗德里克·默奇森认为它完全属于志留纪，争论于是就发生了。争论持续了好多年，而且越来越激烈。“巴谢是个下流痞子。”默奇森在给一位朋友的信中甚至如此气呼呼地说。

在《泥盆纪大争论》一书里，马丁鲁迪克极好而又有些沮丧地描述了这场争论。只要瞥一眼该书各章标题，就可以知道一点上述感情的强烈程度。开头几章标题的语气倒还温和，比如《绅士们的辩论舞台》和《破译杂砂岩之谜》，但接着就是《捍卫杂砂岩与攻击杂砂岩》《指摘与反驳》《散布恶毒的谣言》《韦弗撤回邪说》《杀杀乡下人的气焰》《默奇森发起莱茵兰战役》等。争论于 1879 年得以解决，办法很简单，在寒武纪和志留纪中间加一个时期：奥陶纪。

在这门学科的早期，英国人是最活跃的，因此在地质词语中英国的名称占了绝大部分。“泥盆系”（即德文系）当然源自英格兰的德文郡，“寒武纪”来自罗马人对威尔士的叫法，而“奥陶纪”和“志留纪”使人想起了古代的威尔士人部落：奥陶人和志留人。但是，随着地质学后来在其他地方的崛起，世界各地的名称渐渐出现。“侏罗纪”跟法国和瑞士交界处的侏罗山有关，“二叠纪”使人想起俄罗斯乌拉尔山脉里的彼尔姆，而“白垩纪”（源自拉丁文白垩）是由一位比利时地质学家命名的，他自己也有个漂亮的名字，叫做德奥马利马斯·德霍洛伊。

原先，地质史分为 4 个时期：第一纪、第二纪、第三纪和第四纪。这个体系过于简单，因此寿命不太长。地质学家很快就用新的划分方法来替代这种划分方法。第一纪和第二纪已经完全不用，第四纪有的人已经不用，但有的人仍然在用。今天，只有第三纪还在广泛使用，虽然已经不代表第三纪任何东西。

莱尔在《原理》中使用了新的单位，叫做“世”或“段”来涵盖恐龙

以后的时代，其中有更新世（“最近”）、上新世（“较近”）、中新世（“颇近”）和意思很含糊的渐新世（“有点儿近”）。

如今，一般来说，地质时代划分为四大块，叫做“代”：前寒武纪、古生代（源自希腊文，意为“古代生命”）、中生代（“中期生命”）和新生代（“新的生命”）。这 4 个代又分为 12 ~ 20 个部分，通常叫做“纪”，有时候也称“系”，其中大多数是大家比较熟悉的，如白垩纪、侏罗纪、三叠纪、志留纪等。

接着就是莱尔所谓的“世”——更新世、中新世等，这些名称仅仅用来指最近的（但又是古生物学研究很活跃的）6500 万年。

最后，便是一大堆更细的分类，名叫“期”或“代”。其中大多数以地名命名，读起来几乎总是很拗口：伊利诺期、得梅因期、克罗伊期、金默里奇期等，都具有同一特色。据约翰·麦克菲说，这类名称总共多达“几百个”。幸运的是，除非把地质学作为你的专业，否则从此以后你再也不大可能听到这些名称了。

更加混乱的是，北美的“期”或“代”跟欧洲的说法不一，在时间上往往只是大体交叉。因此，北美的辛辛那提期在很大程度上相当于欧洲的阿什吉利期，再加上稍早一点儿的喀拉多克期。

而且，这一切，不同的教科书、不同的人都有不同的叫法，因此有的权威提出 7 个代，而有的权威满足于 4 个代。在有的书里，你还会发现不用第三纪和第四纪，而是用不同长度的系来取而代之，称做下第三系和上第三系。有的人还把前寒武纪分成两个代，即非常古老的太古代和较近的元古代。有时候，你还可看到“显生宙”这个词，用来涵盖新生代、中生代和古生代。

而且，这一切都只用作时间的单位。岩石的单位还另有一套，叫做系、段和期，而且，还有早、晚（指时间）之分和上、下（指岩层）之别。对于不是专家的人来说，这简直是一锅粥，但对于地质学家来说，这都可能是会动感情的东西。“我看到大人们为了生命史上一毫秒的问题争得脸红脖子粗。”英国的理查德·福蒂在谈到 20 世纪为寒武纪和奥陶纪的分界线而展开的旷日持久的辩论时这样写道。

今天，我们至少可以使用某些先进的技术来确定年代，在 19 世纪的大部分时间里，地质学家们只能依赖于推测。他们可以按照时代来排列各种岩石和化石，但根本不知道这些年代的长短，这是很令人泄气的。当巴克兰推测一副鱼龙骨骼的古老程度的时候，他只能认为，它生活在大约“一

万或一亿”年以前。

虽然没有可靠的方法来确定年代，却不乏愿意试一试的人。1650 年，爱尔兰教会的詹姆斯·厄舍大主教进行了早年最著名的尝试。他对《圣经》和其他历史资料进行了仔细的研究，最后在一部名叫《旧约编年史》的巨著中下结论说，地球创造于公元前 4004 年 10 月 23 日中午。后来，历史学家和教科书作者一直把这个日期当做笑料。

顺便提一句，有个很久不灭的神话——它在许多严肃的书里都提到过——厄舍的观点主宰了科学界，直到 19 世纪的很长时间里，是莱尔把这一切纠正了过来。作为一个典型例子，斯蒂芬·杰伊·古尔德在《时代之箭》中引用了 20 世纪 80 年代一本很热门的书里的一句话：“在莱尔出版他的书以前，大多数思想家都接受了这种看法，即地球还很年轻。”实际并非如此。正如马丁鲁迪克说的，“哪个国家的地质学家也不会主张把时标限死在《创世记》拘泥于字面意义的诠注的范围之内，除非他的作品被别的地质学家认真对待的话”。连巴克兰牧师这样一位 19 世纪很虔诚的人也认为，《圣经》里哪个地方也没有提到上帝是在第一天创造天地的，只是提到“起初”。他认为，那个开始也许持续了“几百几千万年”。大家都认为地球已经很古老，问题只在于：古老到什么程度？

在确定这颗行星的年龄的问题上，早期有个比较合理的看法。它是由埃德蒙·哈雷提出来的。1715 年，他提出要是你把全世界海洋里的盐的总量，除以每年增加的量，你就会得出海洋存在的年数，从而可以大致知道地球的年龄。这个道理很吸引人，但不幸的是，谁也不知道海洋里究竟有多少盐，也不知道每年到底增加多少，这就使得这项实验无法付诸实施。

第一次称得上比较符合科学的尝试是由法国的布丰伯爵乔治·路易·勒克莱尔进行的，那是在 18 世纪 70 年代。很长时间以来，大家都知道，地球释放出相当可观的热量，但是，没有办法来估计散佚率。布丰在实验过程中先把球体加热到白炽的程度，然后在其冷却的过程中用触摸的办法（可能开头是轻轻的）来估计热的损耗率。根据这项实验，他推测地球的年龄在 75000 ~ 168000 年之间。这当然是大大地低估了，但是，这是一种很激进的见解。布丰发现，要是把这种见解加以发表，他有被开除教籍的危险。他是个讲究实际的人，连忙为自己缺乏考虑的“邪说”表示歉意，然后轻松愉快地在随后的著作中不断重复他的看法。

到 19 世纪中叶，大多数学者认为地球的年龄起码有几百万年，甚至也许几千万年，但也很可能没有那么大。因此，当 1859 年查尔斯·达尔文在

《物种起源》一书中宣称，根据他的计算，创造威尔德地区——英格兰南部的一个地区，包括肯特、萨里和苏塞克斯——的地质进程花了306662400年时间才完成时，人们不由得大吃一惊。这个结论是很了不起的，部分原因是他说得那么确切，但更因为是他公然不顾公认的有关地球年龄的看法。结果，它引起了激烈的争议，达尔文在该书的第三版中收回了他的看法。然而，问题实际上依然存在。达尔文和他的地质界朋友希望地球很古老，但谁也想不出办法。

这个问题引起了开尔文勋爵大人（他肯定是一位了不起的人物，但到1892年才被提升为贵族，当时他已经68岁，接近生命的尽头，但我在这里还是按照惯例，溯及既往地使用这个名称）的注意，这对达尔文来说是很不幸的。开尔文是19世纪——也是任何世纪——最杰出的人物之一。德国科学家赫尔曼·冯·亥姆霍茨写道，开尔文是他遇到过的最“理解力强、洞察事理、思想活跃”的人。“在他的面前，我有时候觉得自己是木头木脑的。”他不无沮丧地说。

这种心态是可以理解的，因为开尔文确实是维多利亚时代的超人。他1824年生于贝尔法斯特，父亲是皇家学院的数学教授，过不多久就调到格拉斯哥。开尔文证明自己是个神童，10岁就考上了格拉斯哥大学。20岁出头，他已经在伦敦和巴黎的学府学习过，毕业于剑桥大学（他赢得该大学在赛艇和数学两个方面的最高奖，还抽空创建了一个音乐俱乐部），当选为彼得学院的研究员，以英文和法文写了十多篇关于纯粹数学和应用数学的论文。这些作品都很有创见，他不得不匿名发表，免得使他的长辈们感到难堪。他22岁回到格拉斯哥，担任自然哲学教授。在此后的53年里，他一直保有这个职位。

在漫长的生涯里（他活到1907年，享年83岁），开尔文写了661篇论文，总共获得69项专利（因此变得很富裕），在物理学的差不多每个学科都享有盛誉。其中，他提出一个方法，后来直接导致制冷技术的发明；设计了绝对温标，至今仍冠以他的名字；发明了增压装置，使越洋发送电报成为可能；还对海运和航海作了无数改进，从发明一个深受欢迎的航海罗盘，到创造第一个深度探测器——这些只是他有实用价值的成果。

他在电磁学、热力学和光的波动等理论方面的成果同样是革命性的。他在各门科学上实际只有一个瑕疵，那就是没能计算出地球的年龄。这个问题占去了他后半生的许多时间，但他从来没有得出个比较正确的数字。1862年，在为一本名叫《麦克米伦》的通俗杂志写的一篇文章里，他第一

次提出地球的年龄是 9800 万年，但谨慎地认为这个数字最小可为 2000 万年，最大可达 4 亿年。他还小心翼翼地承认，他的计算可能是错的，要是“造物主的大仓库里备有我们目前没有掌握的资料”的话，但是，他显然认为那是不可能的。

随着时间的过去，开尔文的结论变得越来越确切，也越来越不正确。他不停地把自己估计数字往下降，从最大的 4 亿年降到 1 亿年，然后又降到 5000 万年，最后在 1897 年降到了仅仅 2400 万年。开尔文并不是在随心所欲，只是因为物理学无法解释为什么像太阳这么个庞然大物可以连续燃烧几千万年以上，而又耗不尽其燃料。因此，他就想当然地认为，太阳及其行星必然相对年轻。

问题在于，几乎所有的化石都证明和这个结论相矛盾。而突然之间，19 世纪发现了大量的化石。

第六章　科学的势不两立

1787 年，新泽西州有个人在伍德伯里溪发现一根巨大的大腿骨戳出一处岸边。那根骨头显然不属于尚存的任何物种，也肯定不是新泽西州的。根据现在掌握的一些情况，人们认为它属于一只鸭嘴龙，那是一种长着鸭嘴的大恐龙。当时，人们还没有听说过恐龙。

骨头被送交给当时美国最杰出的解剖学家卡斯帕·威斯塔博士。同年秋天，他在费城召开的美国哲学学会的一次会议上作了描述。威斯塔完全没有认识到这根骨头的重要意义，只是小心翼翼地讲了几句不痛不痒的话，大意是，它真是个庞然大物。他就这样错过了先于别人半个世纪发现恐龙的机会。实际上，这根骨头没有引起人们多大兴趣，后来被放在贮藏室里，最后彻底不见了。因此，历史上第一根被发现的恐龙骨头，也是第一根被弄丢的恐龙骨头。

骨头没有引起人们很大的兴趣，这有点儿令人费解，因为发现这根骨头恰好是在美国人对古代大动物的遗骸着迷的时候。伟大的法国博物学家布丰伯爵，就是前一章里提到的作加热球体试验的人，对这样浅薄的原因作出了奇怪的断言：新大陆的生物几乎在哪一方面都要比旧大陆的生物低一等。布丰在那部评价很高的巨著《自然史》里写道，在美洲这块土地上，水源发臭，土地不长五谷，动物个儿很小，缺乏活力，肌体被从腐烂的沼泽和晒不着太阳的森林里逸出的“毒气”弄得十分虚弱。在这样的环境里，连土著印第安人也缺乏生殖力。“他们不长胡子，身上也没有毛，”布丰煞有介事地在私下说，“对女人没有激情。”

布丰的观察结果在别的作家中间，尤其在那些其实对这个国家不大熟悉，因而自己的结论也是缺乏根据的人中间，获得了出人意料的热烈支持。有个名叫科梅耶·波夫的荷兰人在一本名叫《关于美洲人的哲学研究》的通俗作品中宣称，美洲的土著男人不但在繁殖方面给人印象不深，而且“如此缺乏生殖能力，他们的乳房都流着奶汁”。这种观点奇怪地流行了很长时间，在欧洲的文献中反复出现或得到反响，直到 19 世纪快要结束的时候。

这类诽谤在美国受到了愤怒的谴责，这是不足为怪的。托马斯·杰斐逊在他的《弗吉尼亚州笔记》中气愤地进行反驳，还劝他在新罕布什尔州的朋友约翰·沙利文派 20 名士兵去北部丛林，找一头麋鹿送给布丰，以证

明美洲四足动物的高大和威武。士兵们花了两个星期才找到合适的目标。不幸的是，麋鹿被击毙以后，他们发现它没有杰斐逊专门提到的一对威风凛凛的角，但沙利文周到地加上了一对驼鹿角或是赤鹿角，意思是，这是另外附上的。毕竟，在法国，谁会知道呢？

与此同时，在威斯塔的家乡费城，博物学家着手装配一头大象似的大动物的骨头。起初它被称做“不知名的美洲大动物”，后来又不大正确地被确定为一头猛犸。第一批这种骨头是在肯塔基州一个名叫大骨地的地方发现的，但很快在各地都发现了。看来美洲一度生活着某种大动物,那种动物肯定能证明法国人布丰的可笑论点不能成立。

在热心展示那头不知名动物如何庞大和如何凶猛的过程中，博物学家们似乎有点儿得意忘形。他们把它的个儿拔高了 6 倍，还给它加上了可怕的爪子。实际上，那不过是在附近发现的一只大树懒的爪子。很有意思的是，他们认为那种动物“灵活和凶猛得像老虎”，在插图里把它描绘成躲在巨砾后面，以猫科动物的优美姿态准备扑向猎物。长牙发现以后，他们又挖空心思地以各种方式把它们安在它的头上。有一位用螺丝把长牙倒着拧在上面，就像剑齿虎的犬牙那样，使其看上去特别气势逼人。另一位把长牙向后弯曲，其动听的道理是，那个家伙原本是水生动物，打盹时用牙齿将自己泊在树上。然而，最贴近事实的看法是，这种不知名的动物已经灭绝，把它作为那种动物已经无可争议地退化的证据。

布丰死于 1788 年，但争论没有停止。1795 年，一批精心挑选的骨头运到了巴黎，接受古生物学界的新秀、年少气盛的贵族乔治・居维叶的审查。居维叶不费多少工夫就能把一堆堆支离破碎的骨头安放成形，人们已经对他的才华赞叹不已。据说，只要看一颗牙齿或一块下巴骨，他就可以描述出那个动物的样子和性情，而且往往还说得出它是哪个种、哪个属。居维叶发现美国还没有人想到要写一本正式描述那类大动物的书，便自己动手写了，于是成了发现那种动物的第一人。他把它叫做“乳齿象”意思是“长有乳头般隆起的牙齿的象”。出人意料的是，这还真有点儿像。

在那场争论的启发之下，居维叶于 1796 年写了一篇具有划时代意义的论文《关于活着的象和变成化石的象的说明》。在这篇论文里，他第一次正式提出了绝种的理论。他认为，地球不时经历全球性的灾难，在此过程中，一批批的生物彻底死亡。对于宗教人士来说，包括居维叶本人，这种看法具有令人不快的含义，因为这意味着上帝是捉摸不定、莫名其妙的。上帝创造了物种，然后又消灭这些物种，他究竟要干什么？这种看法跟

“存在巨链”的信念绝对相反。那种信念认为，世界是精心安排的，世界上的每种生物都有一定位置，都有一个目的，过去从来就有，将来也总是会有。杰斐逊无法接受这种看法：整个物种有朝一日会消亡或者会演变到那种地步。因此，当有人问他，派个考察队去密西西比河以里的美国内地进行考察有没有科学和政治价值的时候，他马上肯定了这个建议，希望勇敢的探险家们会发现一群群健康的乳齿象和别的超大动物在富饶的平原上吃草。杰斐逊的私人秘书和知心朋友梅里韦瑟·刘易斯被选定和威廉·克拉克一起担任领队，而且还是这次远征的首席博物学家。被选定来指点他该找什么活的动物和死的动物的不是别人，正是卡斯帕·威斯塔。

大名鼎鼎的贵族居维叶在巴黎提出了绝种论，同年，在英吉利海峡对岸，一个不大知名的英国人在发表对化石价值的见解。他的见解也将具有持久的影响。威廉·史密斯是萨默塞特的科尔运河建筑工地上的年轻监督员。1796 年 1 月 5 日，他坐在萨默塞特一家马车旅店里，记下了那个最终会使他名扬天下的观点。若要解释岩石你非得有某种并置对比的东西。在这个基础上，你可以知道德文的那些石炭纪岩石要比威尔士的这些寒武纪岩石年轻。随着岩层的每一个变化，有的物种的化石消失了，而有的化石一直延伸到随后的岩层。通过发现哪种物种在哪个岩层出现，你就可以计算出岩石的年龄，无论这些岩石是在哪里。凭着作为测量员所拥有的知识，史密斯马上动手绘制英国的岩层图。经过多次试用以后，这些图于 1815 年出版，成为近代地质学的奠基石，（西蒙·温切斯特在他深受欢迎的《改变世界的地图》一书里对这件事作了全面的记述）。

不幸的是，尽管史密斯具有敏锐的见解，但说来也怪，他没有兴趣搞清为什么岩石偏偏以那种方式埋在地下。“我没有再研究岩层的起源，满足于知道情况就是那样，”他写道，“什么原因，什么缘故，那不属于一名矿藏测量员的研究范围。”

史密斯对岩层内情的披露，更增加了绝种论引起的在道德上的难堪程度。首先，它证实了上帝消灭生灵不是偶然的，而是经常的。这么看来，上帝与其说是粗心大意，不如说是极不友好。而且，还有必要花点力气来进行解释，为什么有的物种彻底灭绝，而有的物种却顺利地存活到随后的年代。显而易见，绝种不是诺亚时代的一场“大激流”——即大家知道的《圣经》里的那场洪水——能解释清楚的。居维叶作出了自我满意的解释，认为《创世记》只是指最近的那场洪水。上帝似乎不希望用先前不相干的绝种来分散摩西的注意力或引起他的惊慌。

因此，到19世纪初，化石势必具有了某种重要性。威斯塔就显得更不幸了，竟然没有看到恐龙骨的意义。无论如何，这类骨头在世界各地突然被发现。后来又有了几个机会让美国人来宣布发现了恐龙，但这些机会都没有被抓住。1806年，刘易斯和克拉克的考察队穿越蒙大拿的黑尔沟岩组。在这个地方，实际上他们脚底下的恐龙骨比比皆是，他们还发现一样东西嵌在岩石里，显然是恐龙骨，但没有把它当一回事。在新英格兰，有个名叫普利纳斯·穆迪的男孩子在马萨诸塞州南哈德利的一处岩架上发现了古老的足迹；之后，又有人在康涅狄格河谷发现了骨头和足迹的化石，至少其中有一些留存至今。令人注目的是一头安琪龙的骨头，现在由耶鲁大学的皮博迪博物馆收藏。这批恐龙骨发现于1818年，是第一批经过检验和保存下来的恐龙骨，不幸的是，1855年之前无人识货。那一年，卡斯帕·威斯塔去世。不过，威斯塔没有想到的是，植物学家托马斯·纳特尔以他的名字命名了一种可爱的攀附灌木，这倒使威斯塔在一定意义上获得了永生。植物界有的纯粹主义者迄今仍然坚持把这类植物的名字写作“威斯塔里亚”。

然而，到这个时候，古生物研究的热潮已经移到英国。1812年，在多塞特郡的莱姆里吉斯，有个名叫玛丽·安宁的杰出小女孩——当时只有11岁、12岁或13岁，这取决于你看的是谁写的故事——发现一块5米长、样子古怪的海生动物化石，嵌在英吉利海峡岸边一处陡峭而又危险的悬崖上——这类动物现在叫做鱼龙。

安宁就这样开始了她不同凡响的一生。在之后的35年里，安宁采集化石，并把它们卖给游客。她还发现了第一块蛇颈龙（另一种海生动物）化石以及第一批最好的翼手龙化石中的一块。严格来说，这些都不是恐龙，但也没有多大关系，因为当时谁也不知道什么是恐龙，只要知道世界上生活过跟我们现在所能看到的完全不同的动物，这也就够了。

安宁不仅善于发现化石，而且能小心翼翼地、完好无损地把化石挖出来。要是你有机会去参观伦敦自然史博物馆的古代海生爬行动物馆，我劝你不要错过这个机会。只有在这里，你才能欣赏到这位年轻女子使用最简单的工具，在极其困难的条件下，实际上是在孤立无援的情况下，所取得的巨大而又出色的成就。光挖那块蛇颈龙化石她就耐心地花了10年时间。安宁没有受过训练，但她也能为学者们提供像模像样的图片和说明。但是，尽管她具有这等技能，重大的发现毕竟是不多的，因此她一生的大部分时间是在极度贫困中度过的。

在古生物学史上，很难想得出还有谁比玛丽·安宁更不受人重视，但实际上还有一个人的情况跟她差不多。他叫吉迪恩·阿尔杰农·曼特尔，是苏塞克斯的一名乡村医生。

曼特尔有一大堆不足之处，比如他虚荣心强，只顾自己，自命不凡，不关心家庭——但再也找不出一名像他这样投入的业余古生物学工作者。他还很有运气，有一位既忠心耿耿又留心观察的太太。1822 年，在诺伍德去苏塞克斯农村出诊的时候，曼特尔太太正顺着附近的一条小路散步，在一堆用来填平路面凹坑的碎石里发现了一样古怪的东西——一块弧形的棕色骨头，大约有小胡桃那么大。她认为那是一块化石。她知道自己的丈夫对化石很感兴趣，便拿给了他。曼特尔马上看出，那是一颗牙齿的化石。稍加研究以后，他断定，这是一颗动物牙齿，那种动物生活在白垩纪，食草，爬行，体形庞大有几十米长。他的估测完全正确，但他的胆量也真够大的，因为在此之前，即使在想象中，谁也没有见过这样的东西。

曼特尔意识到，自己的发现会彻底推翻人们对过去的认识。威廉·巴克兰也劝他小心行事。因此，曼特尔花了 3 年时间，努力寻找支持自己结论的证据。他把牙齿送交巴黎的居维叶，征求他的看法，但那位伟大的法国人轻描淡写地认为，那只不过是河马的牙齿（居维叶姿态很高，后来为这个不常犯的错误道了歉）。有一天，曼特尔在伦敦的亨特博物馆作研究，跟一位同事攀谈起来。那位同事对他说，它看上去很像是他一直在研究的那种动物——南美鬣蜥的牙齿。他们马上进行了比较，确认了它们的相似之处。于是，曼特尔手里的动物以热带一种爱晒太阳的蜥蜴命名，被叫做禽龙。其实，二者之间没有任何关系。

曼特尔写了一篇论文，准备递交给英国皇家学会。不幸的是，恰好又有一块恐龙骨头在牛津郡的一处采石场被发现，而且刚刚有人做过正式描述——这个人不是别人，正是敦促曼特尔不要仓促行事的巴克兰牧师。它被取名为斑龙。这个名字其实是他的朋友詹姆斯·帕金森博士向巴克兰建议的。大家也许记得，帕金森最初是个地质学家，他对斑龙的研究显示了他在这方面的成就。在为《伦敦地质学会学报》写的报告中，他注意到，那种动物的牙齿不像蜥蜴那样直接连着颌骨，而像鳄鱼那样长在牙槽里。不过，巴克兰就注意到这么多，没有认识到它的意义，即斑龙完全是一种新发现的动物。不过，尽管他的报告缺少敏锐的目光和深刻的见解，它仍是发表过的描述斑龙的第一篇文章。因此，人们把发现这种古代动物的功劳归给了巴克兰，而不是更有资格的曼特尔。

曼特尔不知道失望会伴随自己的一生，而是继续寻找化石。1833 年，他发现了另一个庞然大物雨蛙龙，并从采石场工人和农夫手里买回别的化石，最后很可能成了英国最大的化石收藏家。曼特尔是一位杰出的医生，在搜集骨头方面也同样很有天赋，但他无法同时维持这两方面的才能。随着他越来越热衷于搜集工作，他忽视了医生职业。没过多久，他在布赖顿的家里几乎塞满了化石，花掉了大部分收入。剩下的钱被用来支付书的出版费用，而他的书又极少人愿意购买。1827 年出版的《苏塞克斯的地质说明》只卖掉了 50 本，很不幸曼特尔倒贴了 300 英镑，这在当时是一笔不小的数目。

曼特尔在绝望之中灵机一动，把自己的房子改成了博物馆，收取门票费。然而，他后来意识到这种商业行为会损害他的绅士地位，且不说科学家的地位，于是就让别人免费参观他的家庭博物馆。成百上千的人前来参观，一个星期又一个星期，既中断了他的行医工作，又扰乱了他的家庭生活。最后，为了偿还债务，他不得不变卖绝大部分收藏品。过不多久，他的妻子带着 4 个孩子离他而去。

值得注意的是，他的麻烦才刚刚开始。

在伦敦南部的西德纳姆区，有个地方名叫水晶宫公园。那里耸立着一片被人遗忘的奇观：世界上第一批实物大小的恐龙模型。近来去那里的人不太多，但这里一度是伦敦游客最多的胜地之一，事实上，正如理查德·福蒂说的，它是世界上第一个主题公园。严格来说，那些模型在许多方面是不正确的：禽龙的大拇指顶在鼻子上，变成了一根尖刺；它长着四条粗壮的腿，看上去像一条肥肥胖胖、不成比例的狗（其实，禽龙不用四条腿蹲着，而是一种两足动物）。现在望着它们，你几乎想不到这些古怪而行动缓慢的动物会引起积怨和仇恨，但事实却是如此。在自然史上，也许从来没有哪种动物像名叫恐龙的古代动物那样成为强烈而又持久的仇恨的中心。

建造恐龙模型的时候，西德纳姆位于伦敦边缘，宽敞的公园被认为是重建著名的水晶宫的理想之地。玻璃和铸铁结构的水晶宫曾是 1851 年博览会的中心场所，新建的公园很自然地以此冠名。用混凝土建成的恐龙模型是一种很有经济效益的景观。1853 年除夕，在尚未完工的禽龙模型内为 21 名科学家举行了一次著名的晚宴，而那位发现并确认禽龙的人吉迪恩·曼特尔不在其中。坐在餐桌上首的是古生物学这门年轻的科学里最伟大的人物，他的名字叫理查德·欧文。到这个时候，他已经花费几年心血，成果累累，害得吉迪恩·曼特尔的日子很不好过。

欧文在英格兰北部的兰开斯特长大，受过训练准备当医生。他是个天生的解剖学家，对研究工作不遗余力，有时候非法取下尸体上的四肢、器官和别的部位，拿回家里慢慢地解剖。有一回，他用麻袋搬回刚从一具非洲黑人水手的尸体上取下的头，不慎绊着湿漉漉的石头滑了一跤，惊慌地望着那个头从身边一蹦一跳地顺着小巷滚去，钻进一户人家开着的门洞里，在前厅里停了下来。至于那户人家的主人见到一个头滚到自己的脚边会说些什么，我们只能想象了。有人讲，他们还来不及搞清是怎么回事，突然间一个焦急万分的年轻人冲进来拾起那个头，又冲了出去。

1825 年，欧文 21 岁，他搬到了伦敦，不久就被英国皇家外科学院聘用，帮助清理又多又乱的医学和解剖标本。其中，大部分是杰出的外科医生、孜孜不倦的医学珍品收藏家约翰·亨特留给这个学院的，但从来没有分过类和清理过，很大程度上因为亨特死后不久，说明每件物品意义的文字材料丢失了。

欧文很快以他的组织能力和演绎能力受人注意。同时，他证明自己是个无与伦比的解剖学家，具有很强的复原本能，几乎可以与巴黎伟大的居维叶相比。他成为解剖动物方面的一名专家，对伦敦动物园里死去的任何动物拥有优先取舍权，而那类东西又无一例外地送到他的家里供他来检查。有一回，他的妻子回到家里，只见一头刚死的犀牛堵住了前门走廊。他很快成为一名各种动物方面的杰出专家，无论是现存的还是绝种的动物，从鸭嘴兽、针鼹和别的新发现的有袋动物，到倒霉的渡渡鸟以及已经绝了种的大鸟——恐鸟，而后者本来自由自在地生活在新西兰，最后被毛里人吃个干净。1861 年，他在巴伐利亚发现了始祖鸟，是描述始祖鸟的第一人，也是为渡渡鸟写正式墓志铭的第一人。他总共发表了大约 600 篇关于解剖学的论文，这个数字真够庞大了。

不过，是由于他在恐龙方面的成就，欧文才为人们记得。他在 1841 年创造了“恐龙”这个名称，意思是“可怕的蜥蜴”，这是个极不合适的名字。现在我们知道，恐龙毫不可怕，有的还没有兔子大，很可能是离群索居的。有一点是肯定的：它们不是蜥蜴。实际上，恐龙是一个古老得多的家族（距今大约 3 亿年前）。欧文很清楚，它们是爬行动物，希腊文里已经有了个很合适的名词——爬行动物，但由于某种原因他不愿意采用。他还犯了个更加可以原谅的错误（考虑到当时标本很少），那就是，他没有注意到，恐龙不是由一种而是由两种爬行动物组成：臀部像鸟的鸟臀目恐龙和臀部像蜥蜴的蜥臀目恐龙。

欧文并不是个很有魅力的人，无论在外表上还是脾气上。在一张中年晚期的照片上，他看上去又瘦削又阴险，长着又长又直的头发，眼睛向外鼓出，活像维多利亚时代情节剧里的坏蛋，有一张可以用来吓唬小孩子的脸。在举止方面，他又冷漠又傲慢，无所顾忌地实现他的雄心壮志。据说，查尔斯·达尔文唯一讨厌的人就是他，连欧文的儿子（他没过多久就自杀了）也提到他父亲的“可悲的冷酷之心”。

作为解剖学家，他的才华是毋庸置疑的，因此他能做出最不要脸的坏事而又不受人指责。1857 年，博物学家赫胥黎在翻阅一本新版的《丘吉尔医学指南》时，突然注意到欧文被列为政府采矿学院的比较解剖学和生理学教授，他感到相当吃惊，因为这正是达尔文现在拥有的职位。当他询问这本指南怎么会犯这么低级的错误时，他被告知那个信息是欧文博士本人提供的。同时，有一位跟欧文一起工作的名叫休·福尔克纳的博物学家当场揭穿欧文，把他的一项发现归功于自己。别人还指责他盗用标本，后来又否认他这么干过。欧文甚至为了一个有关牙齿生理学理论的功劳与女王的牙科医生发生激烈的争吵。

欧文还毫不犹豫地迫害他不喜欢的人。早年，他利用自己在地质学会的影响排斥一位名叫罗伯特·格兰特的年轻人，而格兰特唯一的罪过就是显示出他很有希望成为一名解剖学家。格兰特吃惊地发现自己突然被剥夺了使用解剖标本的权利，而这是他进行研究所必不可缺的。由于无法再从事他的工作，他变得灰心丧气、默默无闻，这是可以理解的。

欧文如此不客气，受到伤害最大的要算是越来越悲惨的倒霉蛋吉迪恩·曼特尔。在失去妻子、子女、医生职业和大部分化石收藏品以后，曼特尔搬到了伦敦。1841 年是决定性的一年，欧文在伦敦获得命名和发现恐龙的殊荣。曼特尔遇上了一场可怕的事故，当马车穿过克莱翰工地的时候，他不知怎的从车座上掉下来，缠在缰绳中间，被受惊的马匹飞快拉过粗糙的地面。这起事故造成他背部弯曲，走路跛脚，常年疼痛，脊椎受损，再也无法恢复。

欧文利用曼特尔体弱多病的状态，着手系统地从档案中勾销他的贡献，重新命名曼特尔多年以前已经命名过的物种，把他发现这些物种的功劳占为己有。曼特尔还想搞一些创新的研究工作，但欧文利用自己在皇家学会的影响，确保曼特尔的大部分论文被拒绝采用。1852 年，曼特尔再也无法忍受疼痛和迫害，结束了自己的生命。他那根变了形的脊椎被取出来送到皇家外科学院，由该学院的亨特博物馆馆长理查德·欧文保管。

但是，侮辱没有完全结束。曼特尔死后不久，《文学》杂志刊登了一篇极其无情的悼文。在那篇文章里，曼特尔被描述成一名二流的解剖学家，他对古生物学的一点儿贡献“由于缺乏过硬的知识”而受到限制。悼文甚至抹去了他发现禽龙的功劳，把这个功劳归于居维叶和欧文等人。悼文没有署名，但其风格是欧文的，自然科学界谁也不会怀疑作者是谁。

不过，到这个时候，欧文的坏事快干到头了，他的垮台之日到来了。英国皇家学会的一个委员会，欧文，恰好是该委员会的主席，便决定授予他最高的荣誉：英国皇家勋章，表彰他写的一篇关于一种名叫箭石的、已经绝种的软体动物的论文。“然而，”德博拉·卡德伯里在《可怕的蜥蜴》里对那段历史有绝好的记述，“这项成就并不像看起来那么有创意。”结果发现，箭石已经于 4 年前由一位名叫查宁·皮尔斯的业余博物学家发现，而且在地质学会的一次会议上已经充分发表。欧文出席了那次会议，但他向皇家学会提交自己的报告的时候没有提及这个情况。在那份报告里，他把那种动物重新命名为“欧文的软体动物”以纪念他自己，这不是偶然的。尽管欧文被允许保留英国皇家勋章，但这件事使得他永远名声扫地，即使在他剩下的为数不多的支持者中间也同样如此。

最后，赫胥黎以其人之道还治其人之身：他通过投票使欧文在动物学会和皇家学会的许多委员会里落选。最后，赫胥黎成为英国皇家外科学院亨特博物馆的新一任教授，结束了对欧文的惩罚。

欧文再也没有从事重要的研究，但在后半生致力于一件非同寻常的事，我们对此表示感激。1856 年，他成为大英博物馆自然史部主任，在那个岗位上推动了伦敦自然史博物馆的创建。那栋位于南肯辛顿的宏伟而可爱的哥特式建筑物于 1880 年向公众开放，几乎完全成了他远见卓识的见证。

欧文之前，博物馆主要供少数精英使用和陶冶情操，连他们也很难进门。大英博物馆建立之初，想参观的人不得不写一份申请书，经过一个简单的面试，才能决定他们是否适合进场。然后，他们还得回来取票，最后再次回来观看博物馆里的宝贝。即使到了那个时刻，他们也只能集体参观，被赶着快速往前走，不得随便停留。欧文的计划是人人都受欢迎，甚至鼓励工人们利用晚上时间来参观。他把博物馆绝大部分的地方用来陈列公开展品。他甚至很激进地提出为每件展品安放说明，以便让人们欣赏自己眼前的东西。他在这个问题上遭到了赫胥黎的反对，这是有点儿没有想到的。赫胥黎认为，博物馆主要应当是研究机构。通过把自然史博物馆变成人人可去的地方，欧文改变了我们原先建博物馆的目的。

不过，他对人类的无私精神并没有使他忘记自己的对手。他最后一个正式举动是到处游说，反对一项关于修建纪念查尔斯·达尔文雕像的建议。他的这次努力没有成功。今天，他自己的雕像从自然史博物馆大厅的楼梯上像主人般地俯瞰着下面，而达尔文和赫胥黎的雕像却不大显著地放在博物馆的咖啡店里，以严肃的目光凝视着人们喝茶、吃果酱和炸面包圈。

有理由认为，理查德·欧文那心胸狭窄的对抗行为，标志着 19 世纪的地质学进入低谷，但更严重的对抗即又发生，这一次来自海外。在那个世纪的最后几十年里，美国也发生了一次对抗，其程度要恶毒得多，尽管破坏力没有那么大。这场对抗发生在两个古怪而又冷酷的人之间：爱德华·德林克·柯普和奥斯尼尔·查尔斯·马什。

他们有许多共同之处：两个人都已被宠坏，有紧迫感，以自我为中心，动辄吵架，妒忌心强，不信任别人，总是郁郁不乐。他俩一起改变了古生物学界。

他们一开始是朋友和互相崇拜者，甚至互相用对方的名字来命名化石种类，1868 年还愉快地在一起工作了一个星期。后来，两人的关系出了问题——谁也搞不清出了什么问题——到了第二年，他们之间已经成为一种敌对关系，那种关系在随后的 30 年里发展为强烈的仇恨。可以说，自然科学领域里再也找不出另外两个人比他们更互相鄙视对方的了。

马什比柯普大 8 岁，他是个离群索居的书呆子，衣冠楚楚，留着整齐的胡子，极少去野外工作，去了也很不善于发现东西。有一次他去怀俄明州参观著名的科摩崖恐龙地带，却没有注意到，恐龙骨头简直“像木头那样满地都是”。但是，他有的是钱，差不多可以想买什么就买什么。虽然他来自一个不大富裕的家庭，他的父亲是纽约州北部的一名农场主，但他的叔叔却是那位富有且极其宽容的金融家乔治·皮博迪。当马什流露出对自然史感兴趣的时候，皮博迪为他在耶鲁大学盖了个博物馆，并给了他足够的资金来装满他看得中的差不多任何东西。

柯普生于一个特权家庭，他的父亲是费城一位有钱的商人，比马什更富有冒险精神。1876 年夏天，在蒙大拿州，当乔治·阿姆斯特朗·卡斯特和他的部队在小比格角被消灭的时候，柯普还在附近找骨头。有人提醒他，这时候来印第安人领地取宝，很可能是很不明智的。他想了片刻，决定继续往下干。他的收获太大了。有一次，他遇上了几个疑心重重的克劳族印第安人，但他不停地取下和装上他的假牙，赢得了他们的信任。

有 10 年左右的时间，马什和柯普之间的敌对关系主要以暗斗的形式出

现，但到了 1877 年，暗斗突然变成了大规模的冲突。那年，一位名叫阿瑟·莱克斯的科罗拉多州小学老师和他的一位朋友出门徒步旅行，在莫里森附近发现了几根骨头。莱克斯认为那些骨头属于一条“巨蜥”，他想得很周到，把一些样品寄给了马什和柯普两个人。柯普很高兴，给莱克斯寄了 100 美元作为报酬，吩咐他不要把他的发现告诉任何人，尤其不要告诉马什。莱克斯不大明白，便请马什把骨头转交给柯普。马什这么做了，但遭到了一番他永生难忘的羞辱。

这件事也标志着两人间一场对抗的开始。对抗变得越来越激烈，越来越肮脏，而且还很可笑，有时候，竟然卑鄙到一方的发掘人员向另一方的发掘人员投掷石块的程度。有一次，有人发现柯普在撬开马什的箱子。他们在文章中互相污辱对方，瞧不起对方取得的成果。科学很少——在对抗之中发展得这么快、这么有成果。在随后的几年里，通过两个人的共同努力，美国已知的恐龙种类数量从 9 种增加到将近 150 种。普通人说得出的每一种恐龙，如剑龙、雷龙、梁龙、三角龙等，差不多都是他们两人中的一位发现的。不幸的是，他们干得过于拼命，过于草率，往往把已经知道的当做一项新的发现。他俩“发现”一个名叫“尤因他兽”的物种不下 22 次。他们乱七八糟的分类，别人花了几年时间才整理出来，而有的至今还没有整理清楚。

两人当中，柯普的科学成果要多得多。在他极其勤奋的一生中，他写出了大约 1400 篇学术论文，描述了近 1300 种新的化石（各种各样的化石，不仅仅是恐龙的化石），在这两方面都是马什成果的 2 倍以上。柯普本来可作出更大的贡献，但不幸的是，他在后来的几年中急速走下坡路。他在 1875 年继承了一笔财产，不大明智地把钱投资于金融业，结果全部泡汤。他最后住在费城一家寄居宿舍的单人房间里，身边堆满了书、文献和骨头。而马什的晚年是在纽黑文一栋富丽堂皇的房子里度过的。柯普死于 1897 年，2 年后马什也与世长辞。

在最后的几年里，柯普产生了另一个有意思的念头。他殷切希望自己被宣布为“智人”的模式标本，把他的骨头作为人类的正式样板。在一般情况下，一个物种的模式标本就是被发现的第一副骨头，但由于“智人”的第一副骨头并不存在，就产生了一个空缺，柯普希望填补这个空缺。这是一个古怪而又很自负的愿望，但谁也想不出理由来加以反对。为此，柯普立下遗嘱，把自己的骨头捐献给费城的威斯塔研究所。那是个学术团体，是由好像无处不在的卡斯帕·威斯塔的后裔捐资成立的。不幸的是，经过

处理和装配以后，人们发现他的骨头显示出患了早期梅毒的症状，谁也不愿意把这种特征保留在代表人类本身的模式标本上。于是，柯普的请求和他的骨头就不了了之。直到现在，现代人类仍然没有模式标本。

至于这个舞台上的其他人物，欧文于1892年去世，比柯普或马什早几年。巴克兰最后精神失常，成了个话都说不清的废人，在克莱翰的一家精神病院里度过了最后的岁月，恰好就在离造成曼特尔终生残疾的出事地点不太远的地方。曼特尔那变了形的脊椎在亨特博物馆展出了将近一个世纪，后来在闪电战中被一枚德国炸弹击中，不见了踪影。曼特尔死后，剩下的收藏品传给了他的子女，其中许多被他的儿子沃尔特带到了新西兰，他于1840年移居到那个国家。沃尔特成为一名杰出的新西兰人，最后官至土著居民事务部部长。1865年，他把他父亲收藏品中的主要标本，包括那颗著名的禽龙牙齿，捐赠给了惠灵顿的殖民博物馆（就是现在的新西兰博物馆），此后一直存放在那里。而那颗引发这一切的禽龙牙齿，很可能是古生物学里最重要的牙齿。

当然，寻找恐龙的工作，没有随着19世纪伟大的化石搜寻家的去世而结束。实际上，在某种出人意料的程度上，这项工作才刚刚开始。1898年，也就是柯普和马什两人相继去世的中间一年，人们发现了一件比以前发现过的任何东西都要了不起的宝贝，地点是在骨屋采石场，离马什的主要搜寻场所——怀俄明州的科摩崖只有几千米。人们发现成百上千块骨头化石露在山体外面任凭风吹雨打，骨头的数量如此之多，竟有人用骨头盖起一间小屋。仅仅在最初的两个季节里，发掘出来的古代骨头就达5万千克之多；在之后的6年里，每年又挖出成千上万千克。

结果，进入20世纪的时候，古生物学家实际上有着几吨重的古骨来供他们选择。问题在于，他们仍然搞不清这些骨头的年龄。更糟糕的是，大家公认的地球的年龄，与过去的岁月所显然包含的时期、年代和时代的数量不大吻合。要是地球真的只有2000万年历史，就像开尔文勋爵坚持认为的那样，那么各种古代生物都会在同一地质年代产生和消亡。这根本说不通。

除开尔文以外，别的科学家也把注意力转向这个问题，得出的结果只是加深了那种不确定性。都柏林的三一学院有一位受人尊敬的地质学家，名叫塞缪尔·霍顿。他宣称，地球的年龄约为23亿年，大大超出了任何人的看法。他注意到了这个情况，用同样的数据重新算了一遍，得出的数字是1.53亿年。也是三一学院的约翰·乔利决定试一试埃德蒙·哈雷提出的

海盐测算法，但这种方法是以许多不完善的假设为基础的，他只好顺水推舟地干了一下。他得出的结果是：地球的年龄是 8900 万年，这个年龄与开尔文的假设完全吻合，不幸的是与现实根本不符。

情况如此混乱，到 19 世纪末，你可以获知我们距离开始出现复杂生命的寒武纪的年数是 300 万年、1800 万年、6 亿年、7.94 亿年或 24 亿年，或者是这个范围里其他的年数。直到 1910 年，美国人乔治·贝克尔还作出了一个最受人尊重的估计，他认为地球的年龄也许不超过 5500 万年。

正当事情似乎乱作一团的时候，出了另一位杰出人物，有了一种崭新的方法。他是个直率而又聪明的新西兰农家孩子，名叫欧内斯特·卢瑟福。他拿出了无可辩驳的证据：地球至少已经存在许多亿年，很可能还更古老。

值得注意的是，他的证据是以炼金术为基础的，天然、自发，科学上信得过，毫不神秘，尽管是炼金术。结果证明，牛顿毕竟没有大错。那种方法到底是怎么知道的，当然要等下一章来叙述。

第七章　话说基本物质

人们常说，化学作为一门严肃而受人尊敬的科学始于 1661 年。当时，牛津大学的罗伯特·玻义耳发表了《怀疑的化学家》，这是第一篇区分化学家和炼金术士的论文，但这一转变是缓慢的，常常是不确定的。进入 18 世纪以后，两大阵营的学者们都觉得适得其所——比如，德国人约翰·贝歇尔写出了一篇关于矿物学的严肃而又不同凡响的作品，题目叫做《地下物理学》，但他也很有把握，只要有合适的材料，他可以把自己变成隐身人。

早年，最能体现化学那奇特而往往又很偶然的性质的，要算是德国人亨内希·布兰德在 1675 年的一次发现。布兰德确信，人尿可以以某种方法蒸馏出黄金（类似的颜色似乎是他得出这个结论的一个因素）。他收集了 50 桶人尿，在地窖里存放了几个月。通过各种奥妙的过程，他先把尿变成了一种有毒的糊状物，然后再把糊状物变成一种半透明的蜡状物。当然，他没有得到黄金，但一件奇怪而有趣的事情发生了。过了一段时间，那东西开始发光。而且，当暴露在空气里的时候，它常常突然自燃起来。

它很快被称为磷，这个名字源自希腊文和拉丁文，意思是“会发光的”。有眼光的实业界人士看到了这种物质的潜在商业价值，但生产的难度很大，成本太高，不好开发。一盎司（约 28. 35 克）磷的零售价高达 6 几尼，相当于今天的 300 英镑，换句话说，比黄金还要贵。

起先，人们号召士兵们提供原料，但这样的做法对工业规模的生产几乎无济于事。18 世纪 50 年代，一位名叫卡尔·金勒的瑞典化学家发明了一种方法，不用又脏又臭的尿就能大量生产磷。很大程度上就是因为掌握了这种生产磷的方法，瑞典才成为火柴的一个主要生产国。

金勒既是个非同寻常的，又是个极其倒霉的人。他是个地位低下的药剂师，几乎在没有先进仪器的情况下发现了 8 种元素——氯、氟、锰、钡、钼、钨、氮和氧——但什么功劳也没有得到。每一次，他的发现要么不受人注意，要么在别人独立作出同样的发现以后才加以发表。他还发现了许多有用的化合物，其中有氨、甘油和单宁酸；他还认为氯可以用做漂白剂，这些重大的成就都使别人发了大财。

金勒有个明显的缺点，他对做试验用的什么东西都感到好奇，坚持要尝一点儿，包括一些又难闻又有毒的物质，比如汞、氢氰酸（这也是他的

一项发现）和甲腈。甲腈是一种有名的有毒化合物，150 年以后，欧文·薛定谔在一次著名的思维实验中选它作为最佳毒素。金勒鲁莽的工作方法最后断送了他的性命。1786 年，才 43 岁的他被发现死在工作台旁，身边堆满了有毒的化学品，其中任何一种都可以造成他脸上那目瞪口呆的最后一个表情。

要是这世界是公正的话，要是大家都会说瑞典语的话，金勒本来会在全世界享有盛誉。实际上，赞扬声往往都给了更有名的化学家，其中大多数是英语国家的化学家。金勒在 1772 年发现了氧，但由于种种辛酸而复杂的原因，无法及时发表他的论文。功劳最终归给了约瑟夫·普里斯特利，他独立发现了同一个元素，但时间要晚，是在 1774 年的夏天。更令人瞩目的是，金勒没有得到发现氯的功劳。几乎所有的教科书现在仍把氯的发现归功于汉弗莱·戴维。他确实发现了，但要比金勒晚 36 年。

从牛顿和玻义耳，到金勒、普里斯特利和亨利·卡文迪许，中间隔着一个世纪。在这个世纪里，化学得到了长足的发展，但还有很长的路要走。直到 18 世纪的最后几年（就普里斯特利而言，还要晚一点），各地的科学家们还在寻找完全不存在的东西：变质的气体、没有燃素的海洋酸、福禄考、氧化钙石灰、水陆气味，尤其是燃素。当时，燃素被认为是燃烧的原动力。他们认为，在这一切的中间，还存在一种神秘的生命力，即能赋予无生命物体生命力。谁也不知道这种难以捉摸的东西在哪里，但有两点是可信的：其一，你可以用电把它激活（玛丽·雪莱在她的小说《弗兰肯斯坦》里充分利用了这种认识）；其二，它存在于某种物质，而不存在于别的物质。这就是化学最后分成两大部分的原因：有机的（指被认为有那种东西的物质）和无机的（指被认为没有那种东西的物质）。

这时候，需要有个目光敏锐的人来把化学推进到现代。法国出了这么个人，他的名字叫安托万·洛朗·拉瓦锡。拉瓦锡生于 1743 年，是一个小贵族家族的成员（他的父亲为这个家族出钱买了一个头衔）。1768 年，他在一家深受人们讨厌的机构里买了个开业股。那个机构叫做“税务总公司”，代表政府负责收取税金和费用。根据各种说法，拉瓦锡本人既温和，又公正，但他工作的那家公司两方面都不具备。一方面，它只向穷人征税，不向富人征税；另一方面，它往往很武断。对拉瓦锡来说，那家机构之所以很有吸引力，是因为它为他提供了大量的钱来从事他的主要工作，那就是科学。最多的时候，他每年挣的钱多达 15 万里弗赫，差不多相当于今天的 1200 万英镑。

走上这条赚钱很多的职业道路3年之后，他娶了他老板的一个14岁的女儿。这是一桩心和脑都很匹配的婚事。拉瓦锡太太有着机灵的头脑和出众的才华，很快在她的丈夫身边作出了许多成绩。尽管工作有压力，社交生活很繁忙，但在大多数日子里他们都要用5小时，清晨2小时，晚上3小时——以及整个星期天（他们称其为“快活的日子”）来从事科学工作。不知怎的，拉瓦锡还挤得出时间来担任火药专员，监督修建巴黎的一段城墙来防范走私分子，协助建立米制，还和别人合著了一本名叫《化学命名法》的手册。这本书成了统一元素名字的“圣经”。

作为英国皇家科学院的一名主要成员，无论时下有什么值得关注的事，他还都得知道，积极参与催眠术研究，监狱改革，昆虫的呼吸，巴黎的水供应等。1870年，一位很有前途的年轻科学家向科学院提交一篇论文，阐述一种新的燃烧理论，就是在那个岗位上，拉瓦锡说了几句轻蔑的话。这种理论的确是错的，但那位科学家再也没有原谅他，他的名字叫让·保罗·马拉。

只有一件事拉瓦锡从来没有做过，那就是发现一种元素。在一个仿佛任何手拿烧杯、火焰和什么有意思的粉末的人都能发现新东西的时代，原因当然不是由于缺少烧杯，他有着天底下最好的私人实验室，好到了差不多荒谬的程度，里面竟有13000只烧杯。

恰恰相反，他把别人的发现拿过来，说明这些发现的意义。他摒弃了燃素和有害气体。他确定了氧和氢到底是什么，并且给二者起了现今的名字。简而言之，他为化学的严格化、明晰化和条理化出了力。

他的想象力实际上是得来全不费工夫的。多年来，他和拉瓦锡太太一直在忙于艰苦的研究工作，那些研究要求最精密的计算。比如，他们确定，生锈的物体不会像大家长期以来认为的那样变轻，而会变重——这是一项了不起的发现。物体在生锈的过程中以某种方式从空气中吸引基本粒子。认识到物质只会变形，不会消失，这还是第一次。假如你现在把这本书烧了，它的物质会变成灰和烟，但物质在宇宙中的总量不会改变。后来，这被称之为物质不灭，是一个革命性的理念。不幸的是，它恰好与另一场革命——法国大革命——同时发生，而在这场革命中，拉瓦锡完全站错了队。

他不但是税务总公司的一名成员，而且劲头十足地修建过巴黎的城墙——起义的市民们对该建筑物厌恶之极，首先攻打的就是它。1791年，这时候已经是国民议会中一位重要人物的马拉利用了这一点，对拉瓦锡进行谴责，认为他早该被绞死。过不多久，税务总公司关了门。又过不多久，

马拉在洗澡时被一名受迫害的年轻女子杀害，她的名字叫夏洛特·科黛，但这对拉瓦锡来说已经为时太晚。

1793 年，已经很紧张的恐怖统治达到了一个新的高度。10 月，玛丽·安托瓦妮特被送上断头台。11 月，正当拉瓦锡和他的妻子在拖拖拉拉地制订计划准备逃往苏格兰的时候，他被捕了。次年 5 月，他和 31 名税务总公司的同事一起被送上了革命法庭（在一个放着马拉半身像的审判室里）。其中 8 人被无罪释放，但拉瓦锡和其他几人被直接带到革命广场（现在的协和广场），也就是设置法国那个最忙碌的断头台的地方。拉瓦锡望着他的岳父脑袋落地，然后走上前去接受同样的命运。不到 3 个月，7 月 27 日，罗伯斯庇尔被以同样的方式，在同一地点被送上了西天。恐怖统治很快结束了。

拉瓦锡去世 100 年以后，一座拉瓦锡的雕像在巴黎落成，受到很多人的瞻仰，直到有人指出它看上去根本不像他。在盘问之下，雕刻师承认，他用了数学家和哲学家孔多塞的头像，希望谁也不会注意到，或者即使注意到也不会在乎。他的后一种想法是正确的。拉瓦锡兼孔多塞的雕像被准许留在原地，又留了半个世纪，直到第二次世界大战爆发。一天早晨，有人把它取走，当做废铁熔化了。

19 世纪初，英国开始风行吸入一氧化二氮，或称笑气，因为有人发现，使用这种气体会“给人一种高度的快感和刺激”。在随后的半个世纪里，它成了年轻人使用的一种高档毒品。有个名叫阿斯克协会的学术团体一度不再致力于别的事情，专场举办“笑气晚会”，志愿者可以在那里狠狠吸上一口，提提精神，然后以摇摇摆摆的滑稽姿态逗乐观众。

直到 1846 年，才有人有时间为一氧化二氮找到了一条实用途径：用做麻醉药。事情是明摆着的，过去怎么谁也没有想到，害得天知道有多少万人在外科医生的刀下吃了不必要的苦头。

我提这一点是为了说明，在 18 世纪得到如此发展的化学，在 19 世纪的头几十年里有点儿失去方向，就像地质学在 20 世纪头几十年里的情况一样。部分原因跟仪器的局限性有关系，比如，直到 19 世纪末叶才有了离心机，极大地限制了许多种类的实验工作；还有部分原因是社会。总的来说，化学是商人的科学，是与煤炭、钾碱和染料打交道的人的科学，不是绅士的科学。绅士阶层往往对地质学、自然史和物理学感兴趣（与英国相比，欧洲大陆的情况有点儿不一样，但仅仅是有点儿）。有一件事兴许能说明问题。那个世纪最重要的一次观察，即确定分子运动性质的布朗运动，不是

化学家作的，而是苏格兰植物学家罗伯特·布朗作的（布朗在1827年注意到，悬在水里的花粉微粒永远处于运动状态，无论时间持续多久。这样不停运动的原因在很长时间里是个谜）。

要不是出了个名叫伦福德伯爵的杰出人物，情况或许还要糟糕。尽管有个高贵的头衔，他本是普普通通的本杰明·汤普森，1753年生于美国马萨诸塞州的沃本。汤普森英俊漂亮、精力充沛、雄心勃勃，偶尔还非常勇敢、聪明过人，而又毫无顾忌。19岁那年，他娶了一位比他大14岁的有钱寡妇。但是，当殖民地爆发革命的时候，他愚蠢地站在保皇派一边，一度还为他们做间谍工作。在灾难性的1776年，他面临以“对自由事业不够热心”的罪名而被捕的危险，抢在一伙手提几桶热柏油和几袋鸡毛，打算用那两样东西把他打扮一下的反保皇派分子前面，他抛弃了老婆、孩子仓皇出逃。

他先逃到英国，然后来到德国，在那里担任巴伐利亚政府的军事顾问。他深深打动了当局，1791年被授予“神圣罗马帝国伦福德伯爵”的称号。在慕尼黑期间，他还设计和筹建了那个名叫英国花园的著名公园。

在此期间，汤普森挤出时间搞了大量纯科学的工作。他成为世界上最著名的热力学权威，成为阐述液体对流和洋流循环原理的第一人。他还发明了几样有用的东西，包括滴滤咖啡壶、保暖内衣和一种现在仍叫做伦福德火炉的炉灶。1805年在法国逗留期间，他向安托万·洛朗·拉瓦锡的遗孀拉瓦锡太太求爱，娶她当了夫人。这桩婚事并不成功，他们很快就分道扬镳。伦福德继续留在法国，直到1814年去世。他受到法国人的普遍尊敬，除了他的几位前妻。

我们之所以在这里提到他，是因为1799年他在伦敦的短暂停留期间创建了皇家科学研究所。18世纪末和19世纪初，英国各地涌现了许多学术团体，它成了其中的又一名成员。在一段时间里，它几乎是唯一的一所旨在积极发展化学这门新兴科学的有名望的机构，而这几乎完全要归功于一位名叫汉弗莱·戴维的杰出年轻人。这个机构成立之后不久，戴维被任命为该研究所的化学教授，很快就名噪一时，成为一位卓越的授课者和多产的实验师。

上任不久，戴维开始宣布发现一种又一种新的元素：钾、钠、镁、钙、锶和铝。他发现那么多种元素，与其说是因为他搞清了元素的排列，不如说是因为他发明了一项巧妙的技术：把电流通过一种熔融状态的物质——就是现在所谓的电解。他总共发现了12种元素，占他那个时代已知总数的

1/5。戴维本来会做出更大的成绩，但不幸的是，他是个年轻人，渐渐沉迷于一氧化二氮所带来的那种心旷神怡的乐趣。他简直离不开那种气体，一天要吸入三四次。最后，在 1829 年，据认为就是这种气体断送了他的性命。

幸亏别处还有别的严肃的人在从事这项工作。1808 年，一位名叫约翰·道尔顿的年轻而顽强的贵格会教徒，成为宣布原子性质的第一人（过一会儿我们将更加充分地讨论这个进展）；1811 年，一个有着歌剧似的漂亮名字的意大利人洛伦佐·罗马诺·马德奥·卡洛·阿伏伽德罗，取得了一项从长远来看将证明是具有重大意义的发现——体积相等的任何两种气体，在压力相等和温度相等的情况下，拥有的原子数量相等。它后来被称作阿伏伽德罗定律。这个简单而有趣的定律在两个方面值得注意，第一，它为更精确地测定原子的大小和重量奠定了基础。化学家们利用阿伏伽德罗数最终测出，比如，一个典型的原子的直径是 0. 00000008 厘米——这个数字确实很小。第二，差不多有 50 年时间，几乎谁也不知道这件事。

一方面，是因为阿伏伽德罗是个离群索居的人——他一个人搞研究，从来不参加会议；另一方面，也是因为没有会议可以参加，很少有几家化学杂志可以发表文章。这是一件很怪的事。工业革命的动力在很大程度上来自化学的发展，而在几十年的时间里化学却几乎没有作为一门系统的科学独立存在。

直到 1841 年，才成立了伦敦化学学会；直到 1848 年，那个学会才定期出版一份杂志。而到那个时候，英国的大多数学术团体——地质学会、地理学会、动物学学会、园艺学学会和（由博物学家和植物学家组成的）林奈学会，至少已经存在 20 年，有的还要长得多。它的竞争对手化学研究所直到 1877 年才问世，那是在美国化学学会成立一年之后。由于化学界的组织工作如此缓慢，有关阿伏伽德罗 1811 年的重大发现的消息，直到 1860 年在卡尔斯鲁厄召开第一次国际化学代表大会才开始传开。

由于化学家们长期在隔绝的环境里工作，形成统一用语的速度很慢。直到 19 世纪末叶，H_2O_2 对一个化学家来说意为水，对另一个化学家来说意为过氧化氢；C_2H_2 可以指乙烯，也可以指沼气。几乎没有哪种分子符号在各地是统一的。

化学家们还使用各种令人困惑的符号和缩写，常常是自己发明的。瑞典的伯采留斯发明了一种非常急需的排列方法，规定元素应当依照其希腊文或拉丁文名字加以缩写。这就是为什么铁的缩写是 Fe（源自拉丁文 fer-

rum)，银的缩写是 Ag（源自拉丁文 argentum）。许多别的缩写与英文名字一致（氮是 N，氧是 O，氢是 H 等），这反映了英语的拉丁语支性质，并不是因为它的地位高。为了表示分子里的原子数量，伯采留斯使用了一种上标方法，如 H^2O。后来，也没有特别的理由，大家流行把数字改为下标，如 H_2O。

尽管偶尔有人整理一番，直到 19 世纪末叶，化学在一定程度上仍处于混乱状态。因此，当俄罗斯圣彼得堡大学的一位模样古怪而又不修边幅的教授跻身于显赫地位的时候，人人都感到很高兴。那位教授的名字叫德米特里·伊凡诺维奇·门捷列夫。

1834 年，在遥远的俄罗斯西伯利亚西部的托博尔斯克，门捷列夫生于一个受过良好教育的、比较富裕的大家庭。这个家庭如此之大，史书上已经搞不清究竟有多少个姓门捷列夫的人：有的资料说是有 14 个孩子，有的说是 17 个。不过，反正大家都认为德米特里是其中最小的一个。门捷列夫一家并不总是福星高照。德米特里很小的时候，他的父亲——当地一所小学的校长——就双目失明，母亲不得不出门工作。她无疑是一位杰出的女性，最后成为一家很成功的玻璃厂的经理。一切都很顺利，直到 1848 年一场大火把工厂烧为灰烬，一家人陷于贫困。坚强的门捷列夫太太决心要让自己的小儿子接受教育，于是带着小德米特里搭便车跋涉 6000 多千米（相当于伦敦到赤道几内亚的距离）来到圣彼得堡把他送进教育学院。她筋疲力尽，过不多久就死了。

门捷列夫兢兢业业地完成了学业，最后任职于当地的一所大学。他在那里是个称职的而又不很突出的化学家，更以他乱蓬蓬的头发和胡子而不是以他在实验室里的才华知名——他的头发和胡子每年只修剪一次。

然而，1869 年，在他 35 岁的那一年，他开始琢磨元素的排列方法。当时，元素通常以两种方法排列——要么按照原子量（使用阿伏伽德罗定律），要么按照普通的性质（比如，是金属还是气体）。门捷列夫的创新在于，他发现二者可以合在一张表上。

实际上，门捷列夫的方法，3 年以前一位名叫约翰·纽兰兹的英格兰业余化学家已经提出过，这是科学上常有的事。纽兰兹认为，如果元素按照原子量来进行排列，它们似乎依次每隔 8 个位置重复某些特点——从某种意义上说，和谐一致。有点不大聪明的是——因为这么做时间还不成熟——纽兰兹将其命名为“八度定律”，把这种安排比做钢琴键盘上的八度音阶。纽兰兹的说法也许有点道理，但这种做法被认为是完全荒谬的，

受到了众人的嘲笑。在集会上，有的爱开玩笑的听众有时候会问他，他能不能用他的元素来弹个小曲子。纽兰兹灰心丧气，没有再研究下去，不久就销声匿迹了。

门捷列夫采用了一种稍稍不同的方法，把每 7 个元素分成一组，但使用了完全相同的前提。突然之间，这方法似乎很出色，视角很清晰。由于那些特点周期性地重复出现，所以这项发明就被叫做“周期表”。

据说，门捷列夫是从北美洲的单人牌戏中获得了灵感，从别处获得了耐心。在那种牌戏里，纸牌按花色排成横列，按点数排成纵行。他利用一种十分相似的概念，把横列叫做周期，纵行叫做族。上下看，马上可以看出一组关系；左右看，看出另一组关系。具体来说，纵列把性质类似的元素放在一起。因此，铜的位置在银的上面，银的位置在金的上面，因为它们都具有金属的化学亲和性；而氦、氖和氩处于同一纵行，因为它们都是气体（决定排列顺序的，实际上是它们的电子价。）。与此同时，元素按照它们核里的质子数从少到多地排成横列。

有关原子的结构和质子的意义，我们将在下一章加以叙述。眼下，我们只来认识一下那个排列原则：氢只有一个质子，因此它的原子序数是 1，排在表上第一位；铀有 92 个质子，因此快要排到末尾，它的原子序数是 92。在这个意义上，正如菲利普·鲍尔指出的，化学实际上只是个数数的问题顺便说一句，不要把原子序数和原子量混在一起，原子量是某个元素的质子数加中子数之和。

还有大量的东西人们不知道或不懂得。宇宙中最常见的元素是氢，然而，在后来的 30 年里，对它的认识到此为止。氦是排第二的元素，以前谁也没有想到它的存在，而即使发现，也不是在地球上，而是在太阳里。它是在一次日食时用分光镜发现的，因此以希腊太阳神赫利奥斯命名。直到 1895 年，氦才被分离出来。即使那样，还是多亏了门捷列夫的发明，化学现在才站稳了脚跟。

对于我们大多数人来说，周期表是一件美丽而抽象的东西，而对化学家来说，它顿时使化学变得有条有理、明明白白。“毫无疑问，化学元素周期表是人类发明出来的最优美、最系统的图表。”罗伯特·E·克雷布斯在《我们地球上的化学元素：历史与应用》一书中这样写道：实际上，你在每一部化学史里都可以看到类似的评价。

发展到后来，已知的元素有 120 种左右，其中 92 种是天然存在的，还有 20 多种是实验室里制造出来的。实际的数目稍有争议，那些合成的重元

素只能存在百万分之几秒，是不是真的测到了，化学家们有时候意见不一。在门捷列夫时代，已知的元素只有 63 种。之所以说他聪明，在一定程度上是因为他意识到当时已知的还不是全部元素，许多元素还没有发现。他的周期表准确地预言，新的元素一旦发现就可以各就各位。

顺便说一句，没有人知道元素的数目最多会达到多少。虽然原子量超过 168 的任何东西都被认为是“纯粹的推测”，但是，可以肯定，凡是找到的元素都可以纳入门捷列夫那张伟大的图表。

19 世纪给了化学家们最后一个重要的惊喜，这件事始于 1896 年。亨利·贝克勒尔在巴黎不慎把一包铀盐忘在抽屉里包着的感光板上。过了一段时间，当他取出感光板时，他吃惊地发现铀盐在上面烧了个印迹，犹如感光板曝过了光，铀盐在释放某种射线。

考虑到这项发现的重要性，贝克勒尔干了一件很出人意料的事：他把这事交给一名研究生来调查。幸好这位学生恰好是一位新来的波兰移民，名叫玛丽·居里。居里和她的丈夫皮埃尔合作，发现有的岩石源源不断地释放出大量能量，而体积又没有变小，也没有发生可以测到的变化。她和她的丈夫不可能知道，岩石在极其有效地把质量转变成能量。玛丽·居里把它称之为“放射作用”。在合作过程中，居里夫妇还发现了两种新的元素——钋和镭，其中钋是以她的祖国波兰命名。1903 年，居里夫妇和贝克勒尔一起获得了诺贝尔物理学奖，1911 年，玛丽·居里又获得了诺贝尔化学奖；她是唯一既获化学奖又获物理学奖的一人。

在蒙特利尔的麦克吉尔大学，新西兰出生的年轻人欧内斯特·卢瑟福对新的放射性材料产生了兴趣。他与一位名叫弗雷德里克·索迪的同事一起，发现很少量的物质里就储备着巨大的能量，地球的大部分热量都来自这种储备的放射衰变。他们还发现放射性元素衰变成别的元素，比如今天你手里有一个铀原子，明天它就成了一个铅原子，这的确是非同寻常的。这是地地道道的炼金术，过去谁也没有想到这样的事会自然而自发地发生。

卢瑟福向来是个实用主义者，他首先从中看到了宝贵的实用价值。他注意到，无论哪种放射物质，其一半衰变成其他元素的时间总是一样的，即著名的半衰期，这种稳定而可靠的衰变速度可以用做一种时钟。只要计算出一种物质现在有多少放射量，以多快的速度衰变，你就可以推算出它的年龄。他测试了一块沥青铀矿石，铀的主要矿石，比大多数人认为的地球的年龄还要古老。

1904 年春，卢瑟福来到伦敦给英国皇家科学研究所开了一个讲座——

该研究所是伦福德伯爵创建的，只有 150 年历史，虽然在那些卷起袖子准备大干一场的维多利亚时代末期的人看来，那个搽白粉、戴假发的时代已经显得那么遥远。卢瑟福准备讲的是关于他新发现的放射现象的蜕变理论，作为讲课内容的一部分，他拿出了那块沥青铀矿石。卢瑟福很机灵地指出，开尔文本人曾经说过，要是发现某种别的热源，他的计算结果会被推翻。卢瑟福已经发现那种别的热源。多亏了放射现象，可以算出地球很可能要比开尔文最终计算出的结果 2400 万年古老得多。

听到卢瑟福怀着敬意的陈述，开尔文面露喜色，但实际上无动于衷。他拒不接受那个修改的数字，直到临终那天还认为自己算出的地球年龄是对科学最有眼光、最重要的贡献。

与大多数科学革命一样，卢瑟福的新发现没有受到普遍欢迎。都柏林的约翰·乔利到 20 世纪 30 年代还竭力认为地球的年龄不超过 8900 万年，坚持到死也没有改变。别人开始担心，卢瑟福现在说的时间是不是太长了点。但是，即使利用放射性测定年代法，即后来所谓的衰变计算法，也要等几十年以后我们才得出地球的真正年龄大约是在 10 亿年以内。科学已经走上正轨，但仍然任重而道远。

开尔文死于 1907 年。德米特里·门捷列夫也在那年去世，和开尔文一样，他的累累成果将流芳百世，但他的晚年生活显然不大平静。随着人越来越老，门捷列夫变得越来越古怪，他拒不承认放射现象、电子以及许多别的新鲜东西的存在，也越来越难以相处。在最后的几十年里，无论在欧洲什么地方，他大多怒气冲冲地退出实验室和课堂。1955 年，第 101 号元素被命名为钔，作为对他的纪念。“非常恰当，”保罗·斯特拉森认为，“它是一种不稳定的元素。”

当然，放射现象实际上在不停地发生，以谁也估计不到的方式发生。20 世纪初，皮埃尔·居里开始出现放射病的明显症状，骨头里隐隐作痛，经常有不舒服的感觉。但是，我们永远也无法确切知道，因为他 1906 年在巴黎过马路时被马车撞死了。

玛丽·居里在余下的生命中干得很出色，1914 年帮助建立了著名的巴黎大学镭研究所。尽管她两次获得诺贝尔奖，但她从来没有当选过科学院院士。在很大程度上，这是因为皮埃尔死了以后，她跟一位有妻室的物理学家发生了暧昧关系。她的行为如此不检点，连法国人都觉得很丢脸——至少掌管科学院的老头们觉得很丢脸。当然，这件事也许跟本书不相干了。

在很长时间里，人们认为，任何像放射性这样拥有很大能量的现象肯

定是可以派上用场的。有好几年时间，牙膏和通便剂的制造商在自己的产品里放入了有放射作用的钍；至少到 20 世纪 20 年代，纽约州芬格湖地区的格伦泉宾馆（肯定还有别的宾馆）还骄傲地以其“放射性矿泉”的疗效作为自己的特色。直到 1938 年，才禁止在消费品里放入放射性物质。到这个时候，对居里夫人来说已经为时太晚——她 1934 年死于白血病。事实上，放射性危害性极大，持续的时间极长，即使到了现在，动她的文献——甚至她的烹饪书——还是很危险的。她的实验室的图书保存在铅皮衬里的箱子里，谁想看这些书都得穿上保护服。

多亏第一代原子科学家的献身精神和不惧高度危险的工作，20 世纪初的人们才越来越清楚，地球毫无疑问是很古老的，虽然科学界还要付出半个世纪的努力才能很有把握地说它有多么古老。与此同时，科学很快要进入一个新时代——原子时代。

第三篇　一个新时代的黎明之初

第八章　爱因斯坦的宇宙

随着 19 世纪快要过去，科学家们可以满意地回想，他们已经解开物理学的大部分谜团。我们略举数例：电学、磁学、气体学、光学、声学、动力学及统计力学，都已经在他们的面前俯首称臣。他们已经发现了 X 射线、阴极射线、电子和放射现象，发明了计量单位欧姆、瓦特、开尔文、焦耳、安培和小小的尔格。

凡是能被振荡的，能被加速的，能被干扰的，能被蒸馏的，能被化合的，能被称质量的，或能被变成气体的，他们都做到了。在此过程中，他们提出了一大堆普遍定律。这些定律非常重要，非常神气，直到今天我们还往往以黑体字来书写："光的电磁场理论""里氏互比定律""查理气体定律""体积结合定律""第零定律""原子价概念""质量作用定律"等，多得数也数不清。整个世界叮叮当当、咔嚓咔嚓地回响着他们发明创造出来的机器和仪器的声音。许多聪明人认为，科学家们已经没有多少事可干了。

1875 年，德国基尔有一位名叫马克斯・普朗克的年轻人犹豫不决，不知道这辈子究竟是该从事数学还是该从事物理学。人们由衷地劝他不要选择物理学，因为物理学的重大问题都已得到解决，他们斩钉截铁地告诉他，下个世纪将是个巩固和提高的世纪，不是个革命的世纪。普朗克不听，他钻研理论物理学，潜心投入了热力学的核心问题的研究工作。在一个雄心勃勃的年轻人看来，研究这个问题似乎很有前途。1891 年，他做出了成果，却吃惊地发现，关于熵的这项重要工作实际上已经有人做过。他是耶鲁大学一位离群索居的学者，名叫威拉德・吉布斯。

吉布斯是个很杰出的人物，但大多数人也许没有听说过。他行为检束，很少抛头露面。除了去欧洲搞了 3 年研究以外，他的一辈子差不多都是在

三个街区的范围之内度过的：一边是他的家，一边是耶鲁大学在康涅狄格州纽黑文的校园。在耶鲁大学的最初 10 年里，他连工资都懒得去领（他有另外的收入）。从 1871 年起，他成为该大学的一名教授，直到 1903 年去世。在此期间，每学期选他的课的学生平均只有一名。他写的东西晦涩难懂，经常使用自己发明的符号，许多人觉得简直是天书。但是，在那些神秘的公式深处，隐藏着最英明、最深刻的见解。

1875—1878 年期间，吉布斯写出了一系列论文，编成了《论多相物质的平衡》的集子。该书出色地阐述了近乎一切热力学原理，包括“气体、混合物、平面、固体、相移……化学反应、电化电池、沉淀以及渗透”。归根结底，吉布斯想要表明，热力学不仅适用于蒸汽机这样的庞大而又嘈杂的范围里的热量和能量，而且在化学反应的原子层面上也同样存在，而且影响很大。吉布斯的《平衡》一直被称为“热力学原理”，但出于无法猜测的原因，吉布斯情愿将这些具有划时代意义的见解发表在《康涅狄格州艺术与科学院学报》上，那是一份即使在康涅狄格州也毫无名气的杂志。这就是为什么普朗克直到很晚的时候才听说他的名字的原因。

普朗克没有泄气，开始把注意力转向别的问题。这方面的事，我们等一会儿再说，先稍稍地（而又恰当地）换个方向，前往俄亥俄州的克利夫兰，去一家当时被称为凯斯实用科学学校的机构。19 世纪 80 年代，那里有一位刚到中年的物理学家，名叫阿尔伯特·迈克尔逊，他在他的朋友化学家爱德华·莫雷的协助之下，进行了一系列试验。那些试验得出了很有意思而又令人吃惊的结果，将对以后的许多事情产生重大的影响。

迈克尔逊和莫雷所做的，破坏了长期以来人们对一种所谓光以太的东西的信念。那是一种稳定、看不见、没有重量、没有摩擦力、不幸又完全是想象出来的媒质。据认为，这种媒质充满宇宙。以太是笛卡儿假设的，牛顿加以接受，之后差不多人人都对它怀有崇敬之情，在 19 世纪物理学中占有绝对的中心地位，用来解释为什么光能够在空荡荡的太空里传播。它在 19 世纪初尤其必不可少，因为光和电磁在这时候被看成是波，也就是说某种振动。振动必须在什么东西里面才能发生，因此，就需要一种以太，并长期认为存在一种以太。直到 1909 年，伟大的英国物理学家汤姆森仍坚持说：“以太不是哪位爱好思索的哲学家的凭空想象，它对我们来说就像我们呼吸的空气那样不可缺少。”他说这番话 4 年多以后，就无可争议地确定以太并不存在。总而言之，人们确实离不开以太。

如果你需要说明 19 世纪的美国是个机会之乡的理念，那么你很难再找

到像阿尔伯特·迈克尔逊这样好的例子。他 1852 年生于德国和波兰边境地区的一个贫苦的犹太商人家庭，小时候随家人来到美国，在加利福尼亚州一个淘金热地区的矿工村里长大。他的父亲在那里做干货生意。家里太穷，他上不起大学，便来到首都华盛顿，在白宫的正门口游来晃去，希望能在尤利塞斯格兰特每天出来散步时碰上这位总统（那显然是个比较朴实的年代）。在这样散步的过程中，迈克尔逊深深博得了总统的欢心，格兰特竟然答应免费送他去美国海军学院学习。就是在那里，迈克尔逊攻读了物理学。

10 年以后，迈克尔逊已经是克利夫兰凯斯学校的一名教授，开始有兴趣测量一种名叫以太飘移的东西——运动物体穿越空间所产生的一种顶头风。牛顿物理学的预言之一是，在观察者看来，光在穿越以太过程中的速度是不一样的，这取决于观察者是朝着还是逆着光源的方向移动。但谁也想不出对此进行测量的方法。迈克尔逊突然想到，地球有半年时间是朝着太阳的方向运动，有半年时间是逆着太阳的方向运动的。他认为，只要在相对的季节里进行仔细测量，把两者之间光的运动速度进行比较，就能找到答案。

迈克尔逊说服电话的发明者、刚刚发了财的亚历山大·格雷厄姆·贝尔提供资金，制造了一台迈克尔逊自己设计的巧妙而灵敏的仪器，名叫干涉仪，用来非常精确地测定光的速度。接着，在和蔼而又神秘的莫雷的协助下，迈克尔逊进行了几年的精心测量。这是一件非常细致而又很花力气的活儿，迈克尔逊的精神一下子完全垮了，工作不得不中断了一段时间。但是，到 1887 年，他们有了结果。而且，这个结果完全出乎这两位科学家的意料。

加州理工大学天体物理学家基普索恩写道："结果证明，光的速度在各个方向、各个季节都是一样的。" 这是 200 年来——实际上恰好是 200 年——出现的第一个迹象，说明牛顿定律也许不是在任何时候、任何地方都适用的。用威廉·克罗珀的话来说，迈克尔逊·莫雷结果成为"很可能是物理学史上最负面的结果"。为此，迈克尔逊获得了诺贝尔物理学奖，从而成为获此殊荣的第一位美国人。与此同时，迈克尔逊·莫雷实验像一股霉味那样令人不快地浮动在科学家的脑海深处。

令人注目的是，尽管他有了这项发现，当 20 世纪来到的时候，迈克尔逊觉得自己和别人一样，认为科学工作快要走到尽头，用一位作者在《自然》杂志上的话来说："只要添上几个角楼和尖顶，在房顶上刻几处浮雕就够了。"

当然，实际上，世界即将进入一个科学的世纪。到时候，谁都会懂得一点，谁都不会什么都懂。科学家快要发现自己在粒子和反粒子的汪洋大海里漂浮，东西瞬间存在，瞬间消失，使毫微秒时间也显得十分缓慢，平平常常，一切都是那么古怪。科学正从宏观物理学向微观物理学转变。前者，物体看得见，摸得着，量得出；后者，事情倏忽发生，快得不可思议，完全超出了想象的范围。我们快要进入量子时代，而推开其大门的第一人就是那位迄今为止一直很倒霉的马克斯·普朗克。

1900 年，普朗克 42 岁，已是柏林大学的理论物理学家。他揭示了一种新的“量子理论”，该理论认为，能量不是一种流水般连续的，而是一包包地传送的东西，他称其为量子。这确实是一种新奇的概念，而且是一种很好的概念。从短期来说，它能为迈克尔逊－莫雷实验之谜提供一种解释，因为它表明光原来不一定是一种波动。从长远来说，它将为整个现代物理学奠定基础。无论如何，它是第一个迹象，表明世界快要发生变化了。

但是，划时代意义的事件，要到 1905 年才发生。当时，德国的物理学杂志《物理学年鉴》发表了一系列论文，作者是一位年轻的瑞士职员。他没有大学职位，没有自己的实验室，通常跑的也只是伯尔尼国家专利局的小小图书馆，他是专利局的三级技术审查员（他不久前申请提升为二级审查员，但遭到了拒绝）。

他的名字叫阿尔伯特·爱因斯坦。在那个重要的一年，他向《物理学年鉴》递交了 5 篇论文，用斯诺的话来说，其中 3 篇“称得上是物理学史上最伟大的作品”，一篇使用普朗克刚刚提出的量子理论审视光电效应，一篇论述悬浮小粒子的状况（即现在所谓的布朗运动），一篇概述了狭义相对论。

第一篇解释了光的性质（这还促使许多事情成为可能，其中包括电视），为作者赢得了一个诺贝尔奖。第二篇提供了证据，证明原子确实存在，令人吃惊的是，这个事实过去一直存在一些争议。而第三篇则完全改变了世界。

爱因斯坦 1879 年生于德国南部的乌尔姆，但在慕尼黑长大。他的早年生活几乎难以说明他将来会成为大人物——大家都知道，他到 3 岁才学会说话。19 世纪 90 年代，他父亲的电器生意破产，举家迁往米兰，但这时候已经十来岁的阿尔伯特去了瑞士继续他的学业。1896 年，他放弃了德国籍，以免被征入伍，进入了苏黎世联邦工业大学，攻读旨在培养中学教师的 4 年制课程。他是一名聪明而又不突出的学生。

1900 年，他从学校毕业，没过几个月就开始把论文投给《物理学年鉴》。他的第一篇论文论述吸管里流体的物理学，与普朗克的量子理论发表在同一期上。从 1902—1904 年，他写出了一系列关于统计力学的论文，结果发现，多产的威拉德・吉布斯 1901 年在康涅狄格州已经悄悄地发表了同样的作品：《统计力学的基本原理》。

爱因斯坦曾爱上一位同学，一位名叫米勒娃・玛丽奇的匈牙利姑娘。1901 年，他们没有结婚就生了个孩子，是一个女儿。他们很谨慎，把孩子给了人家，而爱因斯坦从没有见过自己的孩子。2 年以后，他和玛丽奇结了婚。在此期间，爱因斯坦接受了瑞士专利局的一个职位，在那里待了随后的 7 年。他很喜欢这份工作：它很有挑战性，能使他的脑子忙个不停，但又不至于转移他对物理学的注意力。就是在这种背景下，他于 1905 年创立了狭义相对论。

《论动体的电动力学》无论是在表达方式还是在内容上,都是发表过的最优秀的科学论文之一。它没有脚注，也没有引语，几乎不用数学，没有提及影响过该论文或在该论文之前的任何作品，只是对一个人的帮助致以谢意。他是专利局的一名同事，名叫米歇尔・贝索。斯诺写道，爱因斯坦好像“全凭思索，独自一人，没有听取别人的意见就得出了结论。在很大程度上，情况就是这样”。

他著名的等式 $E = mc^2$ 在这篇论文中没有出现，但出现在几个月以后的一篇短小的补充里。你可以回忆一下学校里学过的东西，等式中的 E 代表能量，m 代表质量，c^2 代表光速的平方。

用最简单的话来说，这个等式的意思是：质量和能量是等价的。它们是同一东西的两种形式：能量是获释的质量，质量是等待获释的能量，由于 c^2（光速的平方）是个大得不得了的数字，这个等式意味着，每个物体里都包含着极其大量的能量。

你或许觉得自己不大健壮，但是，如果你是个普通个子的成人，你那不起眼的躯体里包含着不少于 7×10^{18} 焦耳的潜能，爆炸的威力足足抵得上 30 颗氢弹，要是你知道怎么释放它，而且确实愿意这么做的话。每种物体内部都蕴藏着这样的能量，我们只是不大善于把它释放出来而已。连一颗铀弹，释放出的能量还不足它可以释放出的能量的 1% 。

其中，爱因斯坦的理论解释了放射作用是怎么发生的：一块铀怎么源源不断地释放出强辐射能量，而又不像冰块那样融化，只要把质量极其有效地转变为能量，这是办得到的。该理论解释了恒星为什么可以燃烧几十

亿年而又不把燃料用尽。爱因斯坦用一个简单的公式，一下子使地质学家和天文学家的视界开阔了几十亿年。该理论尤其表明，光速是不变的、最快的，什么速度也超不过它。因此，这使我们一下子弄清了宇宙性质的核心。而且，该理论还解决了光以太的问题，说明它并不存在。

物理学家一般不大重视瑞士专利局职员发表的东西，因此尽管提供的信息又多又有用，但是爱因斯坦的论文并没有引起多少注意。由于刚刚解开宇宙中几个最难解开的谜团，于是爱因斯坦申请大学讲师的职位，但是遭到拒绝，接着又申请中学教师的职位，再次遭到拒绝。于是，他重新干起三级审查员的工作，不过，他没有停止思索。他离大功告成还远着呢。

有一次，诗人保罗·瓦莱里问爱因斯坦，他是不是随身带着个笔记本记录自己的思想，爱因斯坦稍稍而又着实吃惊地看了他一眼。“哦，那是没有必要的，”他回答说，“我极少带个笔记本。”我无须指出，要是他真的带个本子的话，倒是很有好处的。爱因斯坦的下一个点子，是一切点子中最伟大的点子。“作为一个脑子的独创，”他们写道，“这无疑是人类最高的智力成就。”这个评价当然很高。

1907 年，反正有时候书上是这么写的，有个工人从房顶上掉了下来，爱因斯坦就开始考虑引力的问题。天哪，像许多动人的故事一样，这个故事的真实性似乎存在问题。据爱因斯坦自己说，他想到引力问题的时候，当时只是坐在椅子上。

实际上，爱因斯坦想到的更像是开始为引力问题找个答案。他从一开头就清楚地认识到，狭义相对论里缺少一样东西，那就是引力。狭义相对论之所以“狭义”，是因为它研究的完全是在无障碍的状态下运动的东西。但是，要是一个运动中的东西，尤其是光，遇到了比如引力这样的障碍会怎么样？在此后 10 年的大部分时间里，他一直在思索这个问题，最后于 1917 年初发表了题为《关于广义相对论的宇宙学思考》的论文。当然，1905 年的狭义相对论是一项深刻而又重要的成就。但是，正如 C·P·斯诺有一次指出的，要是爱因斯坦没有想到，别人也想到，很可能在 5 年之内。这是一件在等着要发生的事。但是，那个广义相对论完全是另一回事。“没有它，”斯诺在 1979 年写道，“我们今天有可能还在等待那个理论。”

爱因斯坦常手拿烟斗，和蔼可亲，不爱露面，一头乱发，真是个非凡人物。这样的人物不可能永远默默无闻。1919 年，战争结束了，世界突然发现了他。几乎同时，他的相对论以普通人无法搞懂出了名。《纽约时报》决定写一篇报道，派了该报一个名叫亨利·克劳奇的高尔夫运动记者去负

责这次采访，结果正如戴维·博丹尼斯在他出色的《$E=mc^2$》一书中指出的，根本不解决问题。

这次采访令克劳奇力不从心，他差不多把什么都搞错了。他的报道里有许多令人难忘的错误，其中之一，他断言，爱因斯坦找了个胆子很大的出版商，敢于出版一本全世界只有 12 个人看得懂的书。当然，根本不存在这样的书，根本不存在这样的出版商，也根本不存在这么狭小的学术界，但这种看法已深入人心了。过不多久，在人们的想象中，搞得懂相对论的人数又少了许多，科学界对这种神话没有去加以澄清。

有一位记者问英国天文学家阿瑟·爱丁顿，他是不是真的就是世界上仅有的 3 个能理解爱因斯坦相对论的人之一。爱丁顿认真地想了片刻，然后回答说："我正在想谁是第三个人呢。"实际上，相对论的问题并不在于它涉及许多微分方程、洛伦兹变换和其他复杂的数学，而是在于它不是凭直觉所能完全搞懂的。

实质上，相对论的内容是：空间和时间不是绝对的，而是既相对于观察者，又相对于被观察者；一个人移动得越快，这种效果就越明显。我们永远也无法将自己加速到光的速度，相对于旁观者而言，我们越是努力（因此我们走得越快），我们的模样就越会失真。

几乎同时，从事科学普及的人想要设法使广大群众弄懂这些概念。数学家和哲学家罗素写的《相对论 *ABC*》就是一次比较成功的尝试，至少在商业上可以这么说。罗素在这本书里使用了至今已经多次使用过的比喻。他让读者想象一列 90 米长的火车在以光速的 60% 行驶。对于立在站台上望着它驶过的人来说，那列火车看上去会只有 70 余米长，车上的一切都会同样缩小。要是我们听得见车上的人在说话，他们的声音听上去会含糊不清，十分缓慢，犹如唱片放得太慢，他们的行动看上去也会变得很笨拙，连车上的钟也会似乎只在以平常速度的 4/5 走动。

然而问题就在这里，车上的人并不觉得自己变了形。在他们看来，车上的一切似乎都很正常，倒是立在站台上的我们奇怪地变小了，动作变慢了。你看，这一切都和你与移动物体的相对位置有关系。

实际上，你每次移动都会产生这样的效果。乘飞机越过美国，你会用大约 10^{-18} 秒踏出飞机，比在你后面离开飞机的人要年轻一些。即使从屋子的这头走到那头的时候，你自己所经历的时间和空间也会稍有改变。据计算，一个以每小时 160 千米的速度抛出去的棒球，在抵达本垒板的过程中会获得 2×10^{-12} 克物质。因此，相对论的作用是具体的，可以测定的。问

题在于，这种变化太小，我们毫无察觉。但是，对于宇宙中别的东西来说——光、引力、宇宙本身——这些就都是举足轻重的大事了。

因此，如果说相对论的概念好像有点奇怪，那只是因为我们在正常的生活中没有经历这类相互作用。不过，又不得不求助于博尼丹斯，我们大家都经常遇到其他种类的相对论，比如声音。要是你在公园里，有人在演奏难听的音乐，你知道，要是你走得远一点，音乐好像就会轻一点。当然，那并不是因为音乐真的轻了点，而只是因为你对于音乐的位置发生了变化。

在广义相对论的众多概念中，最具挑战性的，直觉不到的，在于时间是空间的组成部分这个概念。我们本能地把时间看做是永恒的、绝对的、不可改变的，相信什么也干扰不了它的坚定步伐。事实上，爱因斯坦认为，时间是可以更改的，不断变化的。时间甚至还有形状。一份时间与三份空间结合在一起，用斯蒂芬·霍金的话来说是“无法解脱地交织在一起”。

通常，时空是这样解释的：请你想象一样平坦而又柔韧的东西比如一块地毯或一块伸直的橡皮垫子，上面放个又重又圆的物体，比如铁球。铁球的重量使得下面的底垫稍稍伸展和下陷。这大致类似于太阳这样的庞然大物（铁球）对于时空（底垫）的作用：铁球使底垫伸展、弯曲、翘起。现在，要是你让一个较小的球从底垫上滚过去，它试图做直线运动，就像牛顿运动定律要求的那样。然而，当它接近大球以及底垫下陷部分的时候，它就滚向低处，不可避免地被大球吸了过去。这就是引力——时空弯曲的一种产物。

凡有质量的物体在宇宙的底垫上都能造成一个小小的凹坑。因此，正如丹尼斯·奥弗比说的，宇宙是个“最终的下陷底垫”。从这个观点来看，引力与其说是一种东西，不如说是一种结果，用物理学家米奇奥·卡库的话来说：“不是一种‘力’，而是时空弯曲的一件副产品。”卡库接着又说，“在某种意义上，引力并不存在；使行星和恒星运动的是空间和时间的变形。”

当然，以下陷的底垫来做比喻，只能帮助我们理解到这种程度，因为没有包含时间的作用。话虽这么说，其实我们的大脑也只能想象到这个地步。若要想象空间和时间以 3:1 的比例像线织成一块格子地毯那样织成一份时空，这几乎是不可能的。无论如何，我想我们会一致认为对于一位凝视着瑞士首都专利局窗外的年轻人来说，这确实是个了不起的见解。

爱因斯坦的广义相对论提出了许多见解。其中，他认为，宇宙总是或者膨胀或者收缩的。但是，爱因斯坦不是一位宇宙学家，他接受了流行的

看法，即宇宙是固定的、永恒的。多少出于本能，他在自己的等式里加进了他所谓的宇宙常数。他把它作为一种数学暂停键，武断地以此来抵消引力的作用。科学史书总是原谅爱因斯坦的这个失误，但这其实是科学上一件很可怕的事，他把它称之为“一生中所犯的最大错误”。

说来也巧，大约就在爱因斯坦为自己的理论添上一个常数的时候，在亚利桑那州的洛厄尔天文台，有一位天文学家在记录远方恒星的光谱图上的读数，发现恒星好像在离我们远去。该天文学家有个来自星系的动听名字：维斯托・斯莱弗（他其实是印第安纳州人）。原来，宇宙不是静止的。斯莱弗发现，这些恒星明确显示出一种多普勒频移的迹象，跟赛车场上飞驰而过的汽车发出的那种连贯而又特有的“嚓——嗖”的声音属于同一机制。这种现象也适用于光，就不停远去的星系而言，它被称之为红移（因为离我们远去的光是向光谱的红端移动的，而朝我们射来的光是向蓝端移动的）。

斯莱弗首先注意到光的这种作用，意识到这对将来理解宇宙的运动十分重要。不幸的是，谁也没有太多注意他。你会记得，珀西瓦尔・洛厄尔在这里潜心研究过火星上的运河，因此洛厄尔天文台是个比较独特的地方。到了 20 世纪的前 10 年，它在任何意义上都成了研究天文的前哨阵地。斯莱弗不知道爱因斯坦的相对论，世界也同样不知道斯莱弗，因此，他的发现没有影响。

荣誉反而属于一个非常自负的大人物，他的名字叫哈勃・哈勃。哈勃 1889 年生于欧扎克高原边缘的一个密苏里州小镇，比爱因斯坦小 10 岁，他在那里及芝加哥郊区伊利诺伊的惠顿长大。他的父亲是一名成功的保险公司经理，因此家里的生活总是很优裕。埃德温还天生有个好的身体，他是个有实力、有天赋的运动员，魅力十足，时髦潇洒，相貌堂堂，用威廉克罗珀的话来说，“英俊到了不适当的程度”；用另一位崇拜者的话来说，“美得像美神阿多尼斯”。用他自己的话来说，他生活中还经常干一些见义勇为的事，比如抢救落水的人；领着吓坏了的人穿越法国战场，把他们带到安全的地方；在表演赛中几下子就把世界冠军级的拳击手打倒在地，弄得他们不胜难堪。这一切都好得简直令人难以置信，但都是真的。尽管才华出众，但哈勃也是个顽固不化的说谎大王。

这就很不寻常了，因为哈勃的生活中从小就充满真正的奇特之处，有时候简直令人难以置信的出类拔萃。仅在 1906 年的一次中学田径运动会上，他就赢得了撑竿跳高、铅球、铁饼、链球、立定跳高、助跑跳高的冠

军，还是接力赛跑获胜队的成员，他在一次运动会上获得了 7 个第一名，还有，他在跳远比赛中获得了第三名。同年，他创造了伊利诺伊州跳高纪录。

作为一名学者，他也是出色得不得了，不费吹灰之力就考上芝加哥大学，攻读物理学和天文学（说来也巧，系主任就是阿尔伯特·迈克尔逊）。他在那里被选为牛津大学的首批罗兹奖学金获得者之一。3 年的英国生活显然冲昏了他的头脑。1913 年他返回惠顿的时候，披着长披风，衔着烟斗，说起话来怪腔怪调、滔滔不绝，不大像英国人，而又有点像英国人，这种模样他竟保留终生。他后来声称，在 20 世纪 20 年代的大部分时间里一直在肯塔基州当律师，但实际上他在印第安纳州新奥尔巴尼当中学教师和篮球教练，后来才获得博士学位，并在陆军待了很短时间（他是在签订停战协定前一个星期抵达法国的，几乎肯定没有听到过愤怒的枪炮声）。

1919 年，哈勃已经 30 岁。他迁到加利福尼亚州，在洛杉矶附近的威尔逊山天文台找了个职位。非常出人意料的是，他很快成为 20 世纪最杰出的天文学家。

让我们稍停片刻，先来考虑一下当时人们对宇宙的了解是如何少得可怜，这是值得的。今天的天文学家认为，在可见的宇宙里也许有 1400 亿个星系。这是个巨大的数字，比你听了这话认为的还要巨大得多。假如把一个星系比做一粒冻豆子，这些豆子就可以塞满一个大礼堂。1919 年，当哈勃第一次把脑袋伸向望远镜的时候，我们已知的星系数只有一个：银河系。其他的一切要么被认为是银河系的组成部分，要么被认为是远方天际众多气体中的一团气体。哈勃很快证明这种看法是极其错误的。

在之后的 10 年里，哈勃着手研究有关宇宙的两个最基本的问题：宇宙已经存在多久？宇宙的范围有多大？为了回答这两个问题，首先必须知道两件事——某类星系离我们有多远，它们在以多快的速度远离我们而去（即现在所谓的退行速度）。红移能使我们知道星系后退的速度，但不能使我们知道它们离得有多远。为此，你需要有所谓的“标准烛光”，即准确测得的某个恒星的亮度，作为测算其他恒星的亮度（并由此计算其相对距离）的基准。

哈勃的好运气来了。此前不久，有一位名叫亨利埃塔·斯旺·莱维特的才女想出了一种找到这类恒星的方法。莱维特在哈佛大学学院天文台担任当时所谓的计算员。计算员的工作就是终生研究恒星的照片并进行计算，计算员由此得名。计算员不过是个干苦活的代名词，但是，在那个年代，

无论在哈佛大学，还是在任何地方，这是妇女离天文学最近的地方。这种制度虽然不大公平，但也有某个意想不到的好处：这意味着半数最聪明的脑子会投入本来不大会有人来动脑子的工作，确保妇女最终能觉察到男同事们往往会疏忽的宇宙之细微结构。

有一位名叫安妮·江普·坎农的哈佛大学计算员利用她熟悉恒星的有利条件，发明了一种恒星分类系统。这种系统如此实用，直到今天还在使用。莱维特的贡献更加意义深远。她注意到，有一种名叫造父变星（以仙王星座命名，第一颗造父变星就是在那里发现的）的恒星在有节奏地搏动。造父变星是极少见的，但至少其中之一是我们大多数人所熟悉的，北极星就是一颗造父变星。

我们现在知道，造父变星之所以搏动，是因为，它们已经走过“主序阶段”，变成了红巨星。红巨星的化学过程有点儿难懂，已经超出了本书的宗旨（它要求了解很多东西，其中之一就是单离子化的氦原子的性质）。但是，简而言之，在燃烧剩余燃料的过程中，它们产生了一种很有节奏、不停地一亮一暗的现象。莱维特的天才在于，她发现，通过比较造父变星在天空中不同角度的大小，就可以计算出它们之间的相对位置。它们可以被作为标准烛光——这个名称也是她创造的，现在依然广泛使用。用这种方法得到的只是相对距离，不是绝对距离。但是，即使这样，这也是第一次有人想出了一个计算浩瀚宇宙的实用方法。

为了合理评价这些深邃的见解，也许值得注意的是，当莱维特和坎农在根据照片上远方星星的模糊影子推定宇宙的基本特性的时候，哈佛大学的天文学家威廉皮克林——他当然能从一流的天文望远镜里想观察多少次就观察多少次——却在建立自己的理论，认为月球上的黑影是由大群大群的、随着季节迁徙的昆虫形成的。

哈勃把莱维特测量宇宙的标准和维斯托·斯莱弗的红移结合起来，开始以焕然一新的目光有选择地测量空间的点。1923 年，他证明，仙女座里一团代号为 M31 的薄雾状的东西根本不是气云，而是一大堆光华夺目的恒星，其本身就是一个星系，直径有 10 万光年，离我们至少有 90 万光年之远。宇宙比任何人想象的还要大得多。1924 年，哈勃写出了一篇具有划时代意义的论文，题目为《旋涡星云里的造父变星》（“星云”源自拉丁语，意为“云”，哈勃喜欢用这个词来指星系），证明宇宙不仅仅有银河系，还有大量独立的星系——“孤岛宇宙”——其中许多比银河系要大、要远得多。

仅仅这一项发现就足以使哈勃名扬天下，但是，他接着把注意力转向另一个问题，想要计算宇宙到底大了多少，于是有了一个更加令人瞩目的发现。哈勃开始测量远方星系的光谱——斯莱弗已经在亚利桑那州开始做的那项工作。他利用威尔逊山天文台那台新的 254 厘米天文望远镜，加上一些聪明的推断，到 20 世纪 30 年代初已经得出结论：天空中的所有星系（除我们自己的星系以外）都在离我们远去。而且，它们的速率和距离完全成正比：星系距离我们越远，退行速率越快。

这的确是令人吃惊的。宇宙在扩大，速度很快，而且朝着各个方向。你无须有多么丰富的想象力就能从这点往后推测，发现它必定是从哪个中心点出发的。宇宙远不是稳定的、固定的、永恒的，就像大家总是以为的那样，而是有个起点。因此，它或许也有个终点。

正如斯蒂芬·霍金指出的，奇怪的是以前谁也没有想到宇宙在扩大。一个静止的宇宙会自行坍缩，这一点牛顿以及之后的每个有头脑的天文学家都应当明白。还有一个问题：要是恒星在一个静止的宇宙里不停燃烧，就会使整个宇宙酷热难当，而一个不断膨胀的宇宙一下子把这个问题基本解决了。

哈勃擅长观察，却不大擅长动脑子，因此没有充分认识到自己发现的重大意义。在一定程度上，那是因为他不知道爱因斯坦的广义相对论。这是很有意思的，因为一方面爱因斯坦和他的理论在这时候已经世界闻名；另一方面，1929 年，阿尔伯特·迈克尔逊已经进入暮年，但仍是世界上最敏锐、最受人尊敬的科学家之一，他接受了威尔逊山天文台的一个职位，用他可靠的干涉仪来测量光的速度，至少可以肯定已经向哈勃提到过，爱因斯坦的理论适用于他的发现。

无论如何，哈勃没有抓住机会在理论上有所收获，而是把机会留给了一位名叫乔治·勒梅特的比利时教士学者（他获得过麻省理工学院的博士学位）。勒梅特把实践和理论结合起来，创造了自己的“烟火理论”。该理论认为，宇宙一开始是个几何点，一个“原始的原子”，它突然五彩缤纷地爆发，此后一直向四面八方散开。这种看法极好地预示了现代的大爆炸理论，但要比那种理论早得多。因此，除了在这里三言两语提他一下以外，勒梅特几乎没有受到更多的注意。世界还需要几十年时间，还要等彭齐亚斯和威尔逊在新泽西州咝咝作响的天线上无意中发现宇宙背景辐射，大爆炸才会从一种有趣的想法变成一种固定的理论。

无论是哈勃还是爱因斯坦，那条大新闻里都不会提及多少。然而，尽

管当时谁也不会想到，他们已经作出自己所能作出的贡献。

1936 年，哈勃写出了一本广受欢迎的书，名叫《星云王国》。他在这本书里以得意的笔调阐述了自己的重要成就，并终于表明他知道爱因斯坦的理论：在大约 200 页的篇幅中，他用了 4 页来谈论这种理论。

1953 年，哈勃心脏病发作去世。然而，还有最后一件小小的怪事在等待着他。出于秘而不宣的原因，他的妻子拒绝举行葬礼，而且再也没有说明她怎么处理了他的遗体。半个世纪以后，该世纪最伟大的天文学家的去向仍然无人知道。若要表示纪念，你非得遥望天空，遥望 1990 年美国发射的、以他的名字命名的哈勃天文望远镜。

第九章　原子的威力

当爱因斯坦和哈勃在弄清宇宙的大尺度结构方面硕果累累的时候，另一些人在努力搞懂近在手边的而从他们的角度来看又同样是非常遥远的东西：微小而又永远神秘的原子。

加州理工学院伟大的物理学家理查德·费曼有一次说，要是你不得不把科学史压缩成一句重要的话，它就会是："一切东西都是由原子构成的。"哪里都有原子，原子构成一切。你四下望一眼，全是原子。不但墙壁、桌子和沙发这样的固体是原子，中间的空气也是原子。原子大量存在，多得简直无法想象。

原子的基本工作形式是分子（源自拉丁文，意思是"小团物质"）。一个分子就是两个或两个以上以相对稳定的形式一起工作的原子。一个氧原子加上两个氢原子，就得到一个水分子。化学家往往以分子而不是以元素来考虑问题，就像作家往往以单词而不是以字母来考虑问题一样，因此他们计算的是分子。分子的数量起码可以说是很多的。在海平面的高度、0℃温度的情况下，一立方厘米空气（大约相当于一块方糖所占的空间）所含的分子多达 4.5×10^{19} 个，而你周围的每一立方厘米空间都有这么多分子。想一想，你窗外的世界有多少个立方厘米——要用多少块方糖才能填满你的视野。然后再想一想，要多少个这样的空间才能构成宇宙。总而言之，原子是很多的。

原子还不可思议的长寿。由于原子那么长寿，它们真的可以到处漫游。你身上的每个原子肯定已经穿越几个恒星，曾是上百万种生物的组成部分，然后才成为了你。我们每个人身上都有大量原子，这些原子的生命力很强，在我们死后可以重新利用。在我们身上的原子当中，有相当一部分——有人测算，我们每个人身上多达 10 亿个原子——原先很可能是莎士比亚身上的原子，而释迦牟尼、成吉思汗、贝多芬以及其他你点得出的历史人物也每人贡献 10 亿个原子成为了其他人的组成部分显然非得是历史人物，因为原子要花大约几十年的时间才能彻底地重新分配；无论你的愿望多么强烈，你身上还是不可能有一个埃尔维斯·普雷斯利的原子。

因此，我们都是别人转世化身来的。我们死了以后，我们的原子就会天各一方，去别处寻找新的用武之地，也许成为一片叶子或别人的身体或一滴露水的组成部分，而原子本身实际上将永远活下去。其实，谁也不知

道一个原子的寿命，但据马丁·里斯说，它的寿命大约为 10^{35} 年。

而且，原子很小，50 万个原子排成一行还遮不住一根人的头发。以这样的比例，一个原子小得简直无法想象。不过，我们当然可以试一试。

先从 1 毫米着手，就是这么长的一根线。现在，我们来想象一下，这根线被分成了宽度相等的 1000 段，每一段的宽度是 1 微米。这就是微生物的大小。比如，一个标准的草履虫大约为 2 微米宽，也就是 0.002 毫米，它确实小得不得了。要是你想用肉眼看到草履虫在一滴水里游，你非得把这滴水放大到 12 米宽。然而，要是你想看到同一滴水里的原子，你非得把这滴水放大到 24 千米宽。

换句话说，原子完全存在于另一种微小的尺度上。若要知道原子的大小，你就得拿起这类微米大小的东西，把它切成 10000 个更小的东西。那才是原子的大小：1 毫米的千万分之一。这么小的东西远远超出了我们的想象范围。但是，只要记住，一个原子对于上述那条 1 毫米的线，相当于一张纸的厚度对于纽约帝国大厦的高度，这样解释对于它的大小你就有了个大致的概念。

当然，原子之所以如此有用，是因为它们数量众多、寿命极长，而之所以难以被察觉和认识，是因为它们太小。首先发现原子有 3 个特点，即小、多、实际上不可毁灭，以及一切事物都是由原子组成的人，不是安托万·洛朗·拉瓦锡，甚至不是亨利·卡文迪许或汉弗莱·戴维，而是一名业余的、没有受过多少教育的英国贵格会教徒，名叫约翰·道尔顿。

道尔顿的故乡位于英国湖泊地区边缘，离科克默思不远。他 1766 年生于一个贫苦而虔诚的贵格会织布工家庭（4 年以后，诗人威廉·华兹华斯也来到科克默思）。他是个聪明过人的学生，12 岁的小小年纪就当上了当地贵格会学校的校长。这也许说明了道尔顿的早熟，也说明了那所学校的状况，也许什么也说明不了。我们从他的日记里知道，大约这时候他正在阅读牛顿的《原理》，还是拉丁文原文的还有别的具有类似挑战性的著作。到了 15 岁，他一方面继续当校长，一方面在附近的肯达尔镇找了个工作；10 年以后，他迁往曼彻斯特，在他生命的最后 50 年里几乎没有挪动过。在曼彻斯特，他成了一股智力旋风，出书，写论文，内容涉及从气象学到语法。他患有色盲，在很长时间里色盲被称做道尔顿症，因为他从事这方面的研究。直到 1808 年道尔顿出版的一本名叫《化学哲学的新体系》的厚书，终于使他出了名。

在该书中，学术界人士第一次接触到了近乎现代概念的原子。道尔顿

的见解很简单：在一切物质的基部，都是极其微小而又不可还原的粒子。“创造或毁灭一个氢粒子，也许就像向太阳系引进一颗新的行星或毁灭一颗业已存在的行星那样不可能。”他写道。

无论是原子的概念，还是“原子”这个词本身，都称不上是新鲜事。二者都是古希腊人发明的。道尔顿的贡献在于，他考虑了这些原子的相对大小和性质，以及它们的结合方法。例如，他知道氢是最轻的元素，因此他给出的原子量是1。他还认为水由7份氧和1份氢组成，因此他给氧的原子量是7。通过这种办法，他就能得出已知元素的相对重量。他并不总是十分准确，但这个原理是很合理的，成了整个现代化学以及许多其他科学的基础。

这项成就使道尔顿闻名遐迩，1826年，法国化学家佩尔蒂埃来到曼彻斯特，想会一会这位原子英雄。佩尔蒂埃以为他属于哪个大机构，因此，当他发现道尔顿在小巷里的一所小学教孩子们基础算术的时候，不由得大吃一惊。据科学史家霍姆亚德说，佩尔蒂埃一见到这位大人物顿时不知所措，结结巴巴地说：“请问，这位是道尔顿先生吗？”因为他无法相信自己的眼睛，这位欧洲赫赫有名的化学家竟然在教小孩子加减乘除。“没错儿，”那位贵格会教徒干巴巴地说，“请坐，让我先教会孩子这道算术题。”

虽然道尔顿想要远离一切荣誉，但他仍违心地当选为皇家学会会员，捧回一大堆奖章，获得一笔可观的政府退休金。他1844年去世的时候，40000人出来瞻仰他的灵柩，送葬队伍长达3千多米。他在《英国名人词典》中的条目是字数最多的人之一，在19世纪的科学界人士当中，论长度只有达尔文和莱尔能与之相比。

在道尔顿提出他的见解以后的一个世纪时间里，它仍然完全是一种假说。一些杰出的科学家，尤其是奥地利物理学家恩斯特·马赫，怀疑原子是不是存在。“原子看不见摸不着……它们是脑子想象出来的东西。”他写道。尤其在德语世界，人们就是以这种怀疑目光来看待原子的存在。据说，这也是导致伟大的理论物理学家和原子的热心支持者路德维希·玻尔茨曼自杀的原因之一。

是爱因斯坦在1905年以那篇论布朗运动的论文中首次提出了无可争议的证据，证明原子的存在，但没有引起多大注意。无论如何，爱因斯坦很快就忙于广义相对论的研究。因此，原子时代的第一位真正的英雄是欧内斯特·卢瑟福。

卢瑟福1871年生于新西兰的“内陆地区”。用斯蒂芬·温伯格的话来

说，他的父母为了种植一点亚麻、抚养一大堆孩子，从苏格兰移居到新西兰。他在一个遥远国度的遥远地区长大，离科学的主流也同样很遥远。但是，1895 年，他获得了一项奖学金，从而有机会来到剑桥大学的卡文迪许实验室。这里快要成为世界上搞物理学最热门的地方。

物理学家特别瞧不起其他领域的科学家。当伟大的奥地利物理学家沃尔夫冈・泡利的妻子离他而去，嫁了个化学家的时候，他吃惊得简直不敢相信。“要是她嫁个斗牛士，我倒还能理解，”他惊讶地对一位朋友说，“可是，嫁个化学家……”

卢瑟福能理解这种感情。“科学要么是物理学，要么是集邮。”他有一回说。这句话后来被人反复引用。但是，具有某种讽刺意味的是，他 1908 年获得的是诺贝尔化学奖，不是物理学奖。

卢瑟福是个很幸运的人，但更幸运的是，他生活在一个物理学和化学如此激动人心而又如此势不两立的年代（且不说他自己的情感）。这两门学科再也不会像从前那样重合在一起了。

尽管他取得那么多成就，但他不是个特别聪明的人，实际上在数学方面还很差劲。在讲课过程中，他往往把自己的等式搞乱，不得不中途停下来，让学生自己去算出结果。据与他长期共事的同事、中子的发现者詹姆斯・查德威克说，他对实验也不是特别擅长。他只是有一股子韧劲儿，思想比较开放，他以精明和一点胆量代替了聪明。用一位传记作家的话来说，在他看来，他的脑子“总是不着边际，比大多数人走得远得多”。要是遇上一个难题，他愿意付出比大多数人更大的努力，花更多的时间，而且更容易接受非正统的解释。由于他愿意坐在荧光屏前，花上许多极其乏味的时间来统计所谓 α 粒子的闪烁次数，所以他才有了最伟大的突破。他是最先的人之一——很可能就是最先的人——发现原子里所固有的能量一旦得到利用，可以制造炸弹，其威力之大足以“使这个旧世界在烟雾中消失”。

就身体而言，他块儿很大，体格壮实，说话声音能把胆小的人吓一大跳。有一次，一位同事获悉卢瑟福就要向大西洋彼岸发表广播演说，便冷冷地问：“干吗要用广播？”他还非常自信，心态不错。当有人对他说，他好像总是生活在浪尖上，他回答说：“哎呀，这个浪头毕竟是我制造的，难道不是吗？”斯诺回忆说，有一次他在剑桥的一家裁缝店里偷听到卢瑟福在说：“我的腰围日渐变粗，同时，知识日渐增加。”

但是，在他 1895 年来到卡文迪许实验室的时候，这一切还是遥不可及的。他的腰围会变得更粗，名声会变得更响，这是许多年以后的事。卢瑟

福抵达剑桥大学的那一年，威廉·伦琴在德国的维尔茨堡大学发现了 X 射线；次年，亨利·贝克勒尔发现了放射现象。卡文迪许实验室本身就要踏上一条漫长的辉煌之路。1897 年，汤普森和他的同事将在那里发现电子；1911 年，威尔逊将在那里制造出第一台粒子探测器；1932 年，詹姆斯·查德威克将在那里发现中子。在更远的将来，1953 年，詹姆斯·沃森和弗朗西斯·克里克将在卡文迪许实验室发现 DNA 结构。

开始，卢瑟福研究无线电波，取得了一点成绩，这在当时是一个相当了不起的成就了，但是，他放弃了，因为有一位资深同事劝他，无线电没有多大前途。总的来说，卢瑟福在卡文迪许实验室的事业不算兴旺。他在那里待了 3 年，觉得自己没有多大作为，便接受了蒙特利尔麦克·吉尔大学的一个职位，从此稳步走上了通向辉煌的漫长之路。到他获得诺贝尔奖（根据官方赞词，是“由于研究了元素的衰变和放射性物质的化学性质”）的时候，他已经转到曼彻斯特大学。其实在那里，他将取得最重要的成果，即确定原子的结构和性质。

到 20 世纪初，大家已经知道，原子是由几个部分构成的，大家还不知道的是：到底有多少个部分；它们是怎样合在一起的；它们呈什么形状。有的物理学家认为，原子可能是立方体的，因为立方体可以整齐地叠在一起，不会浪费任何空间。然而，更普遍的看法是，原子更像一块葡萄干面包，或者像一份葡萄干布丁：一个密度很大的固体，带有正电荷，上面布满了带负电荷的电子，就像葡萄干面包上的葡萄干。

1910 年，卢瑟福在他的学生汉斯·盖格的协助之下（盖格后来将发明冠有他名字的辐射探测仪）朝一块金箔发射电离的氦原子，或称 α 粒子。令卢瑟福吃惊的是，有的粒子竟会反弹回来。他说，他就像朝一张纸发射了一发 38 厘米的炮弹，结果炮弹反弹到了他的膝部。这是不该发生的事。经过冥思苦想以后，他觉得只有一种解释：那些反弹回来的粒子击中了原子当中又小又密的东西，而别的粒子则畅通无阻地穿了过去。卢瑟福意识到，原子内部主要是空无一物的空间，只有当中小部分是密度很大的核。这是个很令人满意的发现。但马上产生了一个问题，根据传统物理学的全部定律，原子因此就不应该存在。

让我们稍停片刻，先来考虑一下现在我们所知道的原子结构。每个原子都由三种基本粒子组成：带正电荷的质子、带负电荷的电子，以及不带电荷的中子。质子和中子装在原子核里，而电子在外面绕着其旋转。质子的数量决定一个原子的化学特性，有一个质子的原子是氢原子，有两个质

子的原子是氦原子，有三个质子的原子是锂原子，如此往上增加。你每增加一个质子就得到一种新元素（由于原子里的质子数量总是与同样数量的电子保持平衡，因此你有时候会发现有的书里以电子的数量来界定一种元素，结果完全一样。有人是这样解释的：质子决定一个原子的身份，电子决定一个原子的性情）。

中子不影响原子的身份，但却增加了它的质量。一般来说，中子数量与质子数量大致相等，但也可以稍稍多一点或少一点。增加或减少一两个中子，你就得到了同位素。考古学里就是用同位素来确定年代的，比如，碳－14 是由 6 个质子和 8 个中子组成的碳原子（因为二者之和是 14）。

中子和质子占据了原子核。原子核很小，只有原子全部容量的千万亿分之一，但密度极大，它实际上构成了原子的全部物质。克罗珀说，要是把原子扩大到一座教堂那么大，原子核只有大约一只苍蝇那么大：但苍蝇要比教堂重几千倍。1910 年卢瑟福在苦苦思索的就是这种宽敞的空间。

认为原子主要是空荡荡的空间，我们身边的实体只是一种幻觉，这个见解现在依然令人吃惊。要是两个物体在现实世界里碰在一起，它们其实并不互相撞击。“而是，”蒂姆西・费里斯解释说，“两个球的负电荷场互相排斥……要是不带电荷，它们很可能会像星系那样安然无事地互相穿堂而过。”你坐在椅子上，其实没有坐在上面，而是以 1 埃（一亿分之一厘米）的高度浮在上面，你的电子和它的电子不可调和地互相排斥，不可能达到更密切的程度。

差不多人人的脑海里都有一幅原子图，即一两个电子绕着原子核飞速转动，就像行星绕着太阳转动一样。这个形象是 1904 年由一位名叫长冈半太郎的日本物理学家创建的，完全是一种聪明的凭空想象。它是完全错的，但照样很有生命力。正如艾萨克・阿西莫夫喜欢指出的，它给了一代又一代的科幻作家灵感，创作了世界中的世界的故事，原子成了有人居住的小小的太阳系，我们的太阳系成了一个大得多的体系里的一颗微粒。连欧洲核子研究中心也把长冈所提出的图像作为它网站的标记。物理学家很快就意识到，实际上，电子根本不像在轨道上运行的行星，更像是电扇旋转着的叶片，想要同时填满轨道上的每一空间（但有个重要的不同之处，那就是，电扇叶片只是好像同时在每个地方，电子真的就同时在每个地方）。

不用说，在 1910 年，或在此后的许多年里，知道这类知识的人为数甚少。卢瑟福的发现马上产生了几个大问题。尤其是围绕原子核转动的电子可能会坠毁。传统的电动力学理论认为，飞速转动的电子很快会把能量消

耗殆尽，给二者都带来灾难性的后果。还有一个问题，带正电荷的质子怎么能和带负电荷的中子一起待在原子核里面，而又不把自己及原子的其他部分炸得粉碎。显而易见，无论那个小天地里在发生什么事，是不受我们宏观世界的规律支配的。

随着物理学家们深入这个亚原子世界，他们意识到，那里不仅不同于我们所熟悉的任何东西，也不同于所能想象的任何东西。“由于原子的行为如此不同于普通的经验，”理查德·费曼有一次说，“你是很难习惯的。在大家看来，无论在新手还是在有经验的物理学家看来，它显得又古怪，又神秘。”到费曼发表这番评论的时候，物理学家们已经有半个世纪的时间来适应原子的古怪行为。因此，你可以想象，卢瑟福和他的同事们在 20 世纪初会有什么感觉，它在当时还完全是个新鲜事物。

与卢瑟福一起工作的人当中，有个和蔼可亲的丹麦年轻人，名叫尼尔斯·玻尔。1913 年，他在思索原子结构的过程中，突然有了个激动人心的想法，他推迟了蜜月，写出了一篇具有划时代意义的论文。

物理学家们看不见原子这样的小东西，他们不得不试图根据它在外来条件作用下的表现方式来确定它的结构，比如像卢瑟福那样向金箔发射 α 粒子。有时候，这类实验的结果是令人费解的，那也不足为怪。有个存在很久的难题跟氢的波长的光谱读数有关，它们产生的形状显示，氢原子在有的波长释放能量，在有的波长不释放能量。这犹如一个受到监视的人，不断出现在特定的地点，但永远也看不到他是怎么跑过来跑过去的。

就是在思索这个问题的时候，玻尔突然想到一个答案，迅速写出了他的著名论文。论文的题目为《论原子和分子的构造》，认为电子只能留在某些明确界定的轨道上，不会坠入原子核。根据这种新的理论，在两个轨道之间运行的电子会在一个轨道消失，立即在另一轨道出现，而又不通过中间的空间。这种见解即著名的“量子跃迁”，是极其奇特的，而又实在太棒，不能不信。它不但说明了电子不会灾难性地盘旋着飞进原子核，而且解释了氢的令人费解的波长。电子只出现在某些轨道，因为它们只存在于某些轨道，这是个了不起的见解，玻尔因此获得了 1922 年的诺贝尔物理学奖。

与此同时，不知疲倦的卢瑟福这时候已经返回剑桥大学，接替汤姆逊担任卡文迪许实验室主任。他设计出了一种模型，说明原子核不会爆炸的原因。他认为，质子的正电荷一定已被某种起中和作用的粒子抵消，他把这种粒子叫做中子。这个想法简单而动人，但不容易证明。卢瑟福的同事

詹姆斯·查德威克忙碌了整整 11 个年头寻找中子，终于在 1932 年获得成功。1935 年，他也获得了诺贝尔物理学奖。正如布尔斯及其同事在他们的“物理学史”中指出的，较晚发现中子或许是一件很好的事，因为发展原子弹必须掌握中子（由于中子不带电荷，它们不会被原子中心的电场排斥，因此可以像小鱼雷那样被射进原子核，启动名叫裂变的破坏过程）。他们认为，要是在 20 世纪 20 年代就能分离中子，“原子弹很可能先在欧洲研制出来，毫无疑问是被德国人。”

实际上，欧洲人当时忙得不亦乐乎，试图搞清电子的古怪表现。他们面临的主要问题是，电子有时候表现得很像粒子，有时候很像波，这种令人难以置信的两重性几乎把物理学家逼上绝境。在此后的 10 年里，全欧洲的物理学家都在思索，乱涂，提出互相矛盾的假设。在法国，公爵世家出身的路易·维克多·德布罗意亲王发现，如果把电子看做是波，那么电子行为的某些反常现象就消失了。这一发现引起了奥地利人埃尔文·薛定谔的注意。他巧妙地作了一些提炼，设计了一种容易理解的理论，名叫波动力学。几乎同时，德国物理学家维尔纳·海森伯提出了一种对立的理论，叫做矩阵力学。那种理论牵涉到复杂的数学，实际上几乎没有人搞得明白，包括海森伯本人在内。“我连什么是矩阵都不知道。”海森伯有一次绝望地对一位朋友说，但似乎确实解决了薛定谔的波动力学里一些无法解释的问题。

结果，物理学有了两种理论，它们基于互相冲突的前提，但得出同样的结果。这是个令人难以置信的局面。

1926 年，海森伯终于想出个极好的妥协办法，提出了一种后来被称为量子力学的新理论。该理论的核心是“海森伯测不准原理”。它认为，电子是一种粒子，不过是一种可以用波来描述的粒子。作为建立该理论基础的“测不准原理”认为，我们可以知道电子穿越空间所经过的路径，我们也可以知道电子在某个特定时刻的位置，但我们无法两者都知道。任何想要测定其中之一的努力，势必会干扰其中之二。这不是个需要更精密的仪器的简单问题，这是宇宙的一种不可改变的特性。

真正的意思是，你永远也无法预测电子在任何特定时刻的位置，你只能认为它有可能在那里。在某种意义上，正如丹尼斯·奥弗比所说，电子只有等到被观察到了，你才能说它确实存在。换句稍稍不同的话来说，在电子被观察到之前，你非得认为电子“哪里都有，而又哪里都没有”。

如果你觉得被这种说法弄得稀里糊涂，你要知道，它也把物理学家们

弄得稀里糊涂，这是值得欣慰的。奥弗比说："有一次，玻尔说，要是谁第一次听说量子理论时没有发火，这说明他没有理解意思。"当有人问海森伯是不是可以想象一下原子的模样，他回答说："别这么干。"

因此，结果证明，原子不完全是大多数人创造的那个模样。电子并不像行星绕着太阳转动那样在绕着原子核飞速转动，而更像是一朵没有固定形状的云。原子的"壳"并不是某种坚硬而光滑的外皮，就像许多插图有时候怂恿我们去想象的那样，而只是这种绒毛状的电子云的最外层。实质上，云团本身只是个统计概率的地带，表示电子只是在极少的情况下才越过这个范围。因此，要是你弄得明白的话，原子更像是个毛茸茸的网球，而不大像个外缘坚硬的金属球（其实，二者都不大像，换句话说，不大像你见过的任何东西。毕竟，我们在这里讨论的世界，跟我们身边的世界是非常不同的）。

古怪的事情似乎层出不穷。正如詹姆斯·特雷菲尔所说，科学家们首次碰到了"宇宙里我们的大脑无法理解的一个区域"，或者像费曼说的："小东西的表现，根本不像大东西的表现。"随着深入钻研，物理学家们意识到，他们已经发现了一个世界：在那个世界里，电子可以从一个轨道跳到另一个轨道，而又不经过中间的任何空间，物质突然从无到有"不过，"用麻省理工学院艾伦·莱特曼的话来说，"又倏忽从有到无。"

量子理论有许多令人难以置信的地方，其中最引人注目的是沃尔夫冈·泡利在 1925 年的"不相容原理"中提出的看法：某些成双结对的亚原子粒子，即使被分开很远的距离，一方马上会"知道"另一方的情况。粒子有个特性，叫做自旋，根据量子理论，你一确定一个粒子的自旋，那个姐妹粒子马上以相反的方向、相等的速率开始自旋，无论它在多远的地方。

用科学作家劳伦斯·约瑟夫的话来说，这就好比你有两个相同的台球，一个在美国俄亥俄州，一个在斐济，当你旋转其中一个的时候，另一个马上以相反的方向旋转，而且速度完全一样。令人惊叹的是，这个现象在 1997 年得到了证实，瑞士日内瓦大学的物理学家把两个光子朝相反方向发送到相隔 11 千米的位置，结果表明，只要干扰其中一个，另一个马上作出反应。

事情达到了这样的一种程度：有一次会议上，玻尔在谈到一种新的理论时说，问题不是它是否荒唐，而是它是否足够荒唐。为了说明量子世界那无法感觉的性质，薛定谔提出了一个著名的思想实验：假设把猫儿放进一只箱子，同时放进一个放射性物质的原子，连着一小瓶氢氰酸。要是粒

子在一个小时内发生衰变，它就会启动一种机制，把瓶子击破，使猫儿中毒。要不然，猫儿便会活着。但是，我们无法知道会是哪种情况，因此从科学的角度来看无法作出抉择，只能同时认为猫儿 100% 地活着或者 100% 地死了。正如斯蒂芬·霍金有点儿激动地说，这意味着，你无法“确切预知未来的事情，要是你连宇宙的现状都无法确切测定的话”。

由于存在这么多古怪的特点，许多物理学家不喜欢量子理论，至少不喜欢这个理论的某些方面，尤其是爱因斯坦。这是很有讽刺意味的，因为正是他在 1905 年这个奇迹年中很有说服力地解释说，光子有时候可以表现得像粒子，有时候表现得像波。“量子理论很值得重视。”他彬彬有礼地认为，但心里并不喜欢，“上帝不玩骰子。”他说。

爱因斯坦无法忍受这样的看法：上帝创造了一个宇宙，而里面的有些事情却永远无法知道。而且，关于超距作用的见解，完全违反了狭义相对论。什么也超不过光速，而物理学家们却在这里坚持认为，在亚原子的层面上，信息是可以以某种方法办到的。顺便说一句，迄今谁也解释不清楚粒子是如何办到这件事的。据物理学家雅基尔·阿哈拉诺夫说，科学家们对待这个问题的办法是“不予考虑”。

最大的问题是，量子物理学在一定程度上打乱了物理学，这种情况以前是不存在的。突然之间，你需要有两套规律来解释宇宙的表现——用来解释小世界的量子理论和用来解释外面大宇宙的相对论。相对论的引力出色地解释了行星为什么绕太阳转动，星系为什么容易聚集在一起，而在粒子的层面上又证明不起作用。为了解释是什么把原子拢在一起，你就需要有别的力，20 世纪 30 年代发现了两种：强核力和弱核力。强核力把原子捆在一起，是它将质子拢在原子核里；弱核力从事各种工作，主要与控制某种放射衰变的速率有关。

弱核力尽管叫做弱核力，但是它比万有引力要强 10^{16} 倍；强核力比这还要强，但它的影响只传到极小的距离，强核力的影响只能传到原子直径的大约十万分之一的地方。这就是原子核的体积如此之小、密度如此之大的原因，也是原子核又大又多的元素往往很不稳定的原因：强核力无法抓住所有的质子。

结果，物理学最后有了两套规律，一套用来解释小世界，一套用来解释大宇宙。爱因斯坦也不喜欢这种状况，在他的余生里，他潜心寻找一种“大统一理论”来扎紧这些松开的绳头，但总是以失败告终。他有时候认为自己已经找到，但最后总是觉得白费工夫。随着时间的过去，他越来越

不受人重视，甚至有点儿被人可怜。又是斯诺写道：“他的同事们过去认为，现在依然认为，他浪费了他的后半生。”

然而，别处正在取得实质性的进展。到 20 世纪 40 年代，科学家们已经达到这样一种程度：他们在极其深的层次上了解了原子，他们提供了最有力的证据：在日本上空爆炸了两颗原子弹。

到那个时候，科学家们认为，他们马上就要征服原子了。实际上，粒子物理学所涉及的一切，即将变得复杂得多。不过，我们在继续讲述这个有点儿包罗万象的故事之前，应当先把到最近为止的另一部分历史作个交代，考虑一下一个重要而又有益的故事，一个关于贪婪、欺骗、伪科学、几起不必要的死亡事件以及最终确定地球年龄的故事。

第十章　把铅撵出去

20 世纪 40 年代末，芝加哥大学一位名叫克莱尔·彼得森的研究生在用一种新的铅同位素测量法，对地球的确切年龄作最后的测定。不幸的是，他的岩石样品全部给污染了，而且还污染得很厉害。大多数样品里的铅含量超过正常浓度大约 200 倍。许多年以后，彼得森才明白，问题出在俄亥俄州一个名叫小托马斯·米奇利的人身上。

米奇利是一名受过训练的工程师，要是他一直当工程师，世界本来会太平一些，但是，他对化学的工业用途发生了兴趣。1921 年，他在位于俄亥俄州代顿的通用汽车研究公司工作期间，对一种名叫四乙铅的化合物做了研究，发现它能大大减少震动现象，即所谓的发动机爆震。

到 20 世纪初，大家都知道铅很危险，但它仍然以各种形式存在于消费品之中。罐头食品以焊铅来封口；水常常储存在铅皮罐里；砷酸铅用做杀虫剂喷洒在水果上；铅甚至还是牙膏管子的组成材料。几乎每一件产品都会给消费者的身体里增加一点儿铅。然而，人接触机会最多、接触时间最长的，还是添加在汽油里的铅。

铅是一种神经毒素，体内铅的含量过高，就会无可挽回地损害大脑和中枢神经系统。与铅过分接触会引起很多病症，其中有丧失视力、失眠、肾衰竭、失聪、癌症、瘫痪和抽搐。急性发作的时候，人可以突然产生恐怖的幻觉，令患者和旁人措手不及。一般来说，这种症状接着会导致昏迷或死亡。谁也不愿意让自己的身体摄入过量的铅。

另一方面，铅很容易提炼和开采，大规模生产极其有利可图，四乙铅确实可以防止发动机爆震。所以，在 1923 年，美国 3 家最大的公司——通用汽车公司、杜邦公司和新泽西美孚石油公司成立了一家合资企业，名叫四乙铅汽油公司（后来又简称为四乙公司），世界愿买多少四乙铅，它就生产多少四乙铅。结果证明，世界的需要量很大。他们把这种添加剂称作“四乙”，是因为“四乙”听上去比较悦耳，不像“铅”那样含有毒物的意味。1923 年 2 月 1 日，他们把这个名字推向市场，让公众接受。

第一线的工人几乎马上出现走路不稳、官能混乱等症状，这是中毒不久后的标志。四乙公司也几乎马上执行一条行若无事、坚决否认的方针，而且在几十年里行之有效。正如沙伦·伯奇·麦格雷恩在她的工业化学史《实验室里的普罗米修斯》一书中指出的，要是哪家工厂的雇员得了不可

治愈的幻觉症，发言人便会厚颜无耻地告诉记者："这些人之所以精神失常，很可能是因为工作太辛苦。"在生产含铅汽油的初期，至少有 15 名工人死亡，数不清的人得病，而且常常是大病。确切的数字无法知道，因为公司几乎总是能掩盖过去，从不透露令人难堪的泄漏、溢出和中毒等消息。然而，有的时候，压制消息已经不可能，尤其值得注意的是在 1924 年，在几天时间里，光在一个通风不良的场所就有 5 名生产工人死亡，35 名工人终身残疾。

随着有关新产品很危险的谣言四起，为了打消人们的担心，四乙铅汽油的发明者托马斯·米奇利决定当着记者的面作一次现场表演。他一面大谈公司如何确保安全，一面往自己的手上泼含铅汽油，还把一烧杯这类汽油放在鼻子跟前达 60 秒之久，不停声称他每天可以这么干而不受任何伤害。其实，米奇利心里对铅中毒的危险很清楚：他几个月之前还因接触太多而害了一场大病，所以他除了在记者面前以外决不接近那玩意儿。

加铅汽油获得成功，米奇利深受鼓舞，现在又把注意力转向那个时代的另一个技术问题。20 世纪 20 年代，冰箱因使用有毒而危险的气体，时常泄漏，风险很大。1929 年，俄亥俄州克利夫兰有家医院发生冰箱泄漏事故，造成 100 多人死亡。米奇利着手发明一种很稳定、不易燃、不腐蚀、吸入很安全的气体。凭着办事几乎从不后悔的本能，他发明了含氯氟烃。

很少有哪个工业产品如此快速而又不幸地被大家接受。20 世纪 30 年代初，含氯氟烃投入生产，结果派上了 1000 种用场，从汽车空调器到除臭喷雾剂什么都离不开它。半个世纪以后人们才发现，这种东西正吞噬着平流层里的臭氧。你将会明白，这不是一件好事情。

臭氧是氧的一种形式，每个分子含有 3 个而不是通常的 2 个原子。它的化学特性有点儿古怪：它在地面上是一种有害物质，在高高的平流层却是一种有益物质，因为它吸收危险的紫外辐射。然而，有益的臭氧的量并不很大。即使均匀地分布在平流层里，它也只能形成大约 2 毫米厚的一层。这就是它很容易受扰动的原因。

含氯氟烃的量也不大，只占整个大气的大约十亿分之一，但是，这种气体的破坏力很强。1 千克含氯氟烃能在大气里捕捉和消灭 7 万千克臭氧。含氯氟烃悬浮的时间还很长，平均一个世纪左右不停地造成破坏。它吸收大量热量。一个含氯氟烃分子增加温室效应的本事，要比一个二氧化碳分子强 1 万倍左右，当然，二氧化碳本身也是加剧温室效应的能手。总之，最后可能证明，含氯氟烃差不多是 20 世纪最糟糕的发明。

这一点米奇利永远不会知道，因为在人们意识到含氯氟烃的破坏力之前，他早已不在人世。他的死亡本身也是极不寻常的。米奇利患脊髓灰质炎变成跛子以后，发明了一个机械装置，利用一系列机动滑轮自动帮他在床上抬身或翻身。1944 年，当这台机器启动的时候，他被缠在绳索里窒息而死。

要是你对确定事物的年龄感兴趣，20 世纪 40 年代的芝加哥大学是个该去的地方。威拉德·利比快要发明放射性碳年代测定法，使科学家们能测出骨头和别的有机残骸的精确年代，这在过去是办不到的。到这个时候，可靠的年代最远只达埃及的第一王朝。谁也没有把握说出，最后一批冰盖是在什么时候退缩的，法国的克罗马农人是在过去什么时候装饰拉斯科山洞的。

利比的方法用途很广，他因此获得了 1960 年的诺贝尔奖。这种方法基于一种认识：生物内部都有一种碳的同位素，名叫碳－14，生物一死，该同位素马上以可以测定的速度开始衰变。碳－14 大约有 5600 年的半衰期，因此，通过确定某种特定的碳样的衰变程度，利比就可以有效地锁定一个物体的年代——虽然是在一定限度以内。经过 8 个半衰期以后，原先的放射性碳只剩下 0. 39%。这个量太小，无法进行可靠的测算，因此碳－14 年代测定法只适用于年代不超过 4 万年左右的物体。

有意思的是，随着这项技术的广泛使用，有些疵点也日渐显露出来。首先，人们发现，利比公式里有个名叫衰变常数的基本成分存在 3% 的误差。而到了这个时候，全世界已经进行了数千次计算。科学家们没有修正每个计算结果，而是决定保留这个不准确的常数。“这样，”提姆·弗兰纳里说，“你只要把今天见到的每一个以放射性碳年代测定法测定的年代减去大约 3%。”问题没有完全解决。人们又很快发现，碳－14 的样品很容易被别处的碳污染——比如，一小点儿连同样品一起被采集来的而又没有被注意到的植物。对于年代不大久远的样品来说——年代小于大约 2 万年的样品——稍有污染并不总是关系很大，而对于年代比较久远的样品来说，这有可能是个严重的问题，因为统计中的剩余原子数实在太少了。借用弗兰纳里的话来说，在第一种情况下，就像是 1000 美元里少数了 1 美元；而在第二种情况下，就像是仅有的 2 美元里少数了 1 美元。

而且，利比的方法是以如下假设为基础的，即大气里碳－14 的含量以及生物吸收这种物质的速度，在整个历史进程中是始终不变的。事实并非如此。我们现在知道，大气里碳－14 的数量变化不定，取决于地球的磁场

能否有效地改变宇宙射线的方向，变化的幅度可能很大。这意味着，有些以碳－14 年代测定法测定的年代要比别的这类年代更无把握。在比较缺少把握的年代当中，有人类首次抵达美洲前后这一段时期的年代，这就是为什么那个问题老是争论不休的原因之一。

最后，也许有点儿出人意料的是，计算结果可能由于表面看来毫不相干的外因而完全失去意义。有个案例引起了广泛激烈的争论，即梅毒究竟起源于新大陆还是旧大陆。赫尔的考古学家们发现，修道院坟地里的修道士患有梅毒。最初的结论是，修道士在哥伦布航行之前就已经患上了梅毒。但是，该结论受到了质疑，因为科学家们发现，他们吃了大量的鱼，这会使他们骨头的年代看上去比实际的要古老。修道士可能患有梅毒，但究竟是怎么患上的，什么时候患上的，问题似乎容易解决，却依然没有解决。

由于碳－14 年代测定法的缺点加起来有许多，科学家们发明了别的办法来测定古代物质的年代，其中有发热光测定法和电子自旋共振测定法。前者用来测定存留在泥土里的电子数；后者以电磁波轰击一件样品来测定电子的振动。但是，即使用最好的方法，你也无法测定 20 万年以上的东西的年代，也根本无法测定岩石那样的无机物质的年代。然而，若要确定我们这颗行星的年龄，这当然是必不可少的。

测定岩石年代的问题在于，世界上几乎人人都一度不抱希望。要不是出了一位决心很大的名叫阿瑟·霍姆斯的英国教授，这项探索很可能会完全停顿下来。

无论在克服困难方面，还是在取得的成就方面，霍姆斯都很有英雄气概。20 世纪 20 年代，正当他的事业进入全盛期的时候，地质学已经不再吃香，资金严重缺乏，尤其在它的精神诞生地英国。多少年来，他是达勒姆大学地质系的唯一人员。为了进行测定岩石年代的工作，他常常不得不借用或拼凑设备。有一次，为了等校方为他提供一台简单的加法机，他的计算工作竟然耽搁了 1 年时间。有时候，他不得不完全停止学术工作，以便挣钱来养家糊口霍姆斯一度在纽卡斯尔开了个古董店，有时候他连地质学会每年 5 英镑的会费也缴不起。

霍姆斯在研究工作中使用的方法，在理论上其实并不复杂，直接产生于欧内斯特·卢瑟福于 1904 年最初发现的那个过程，即有的原子以一种可以预测的比率从一种元素衰变成另一种元素，因此这个过程可以用来当时钟。要是你知道钾－40 要经过多长时间才变成氩－40，并且测定样品里这两种元素的量，你就可以得出那种物质的年代。霍姆斯的贡献在于，以测

定铀衰变成铅的比率来测定岩石的年代，从而他希望能测定地球的年龄。

但是，有许多技术上的困难需要克服。霍姆斯还需要一种能对细小样品进行精密测量的先进仪器，而我们已经知道，他所能得到的不过是一台简单的加法机。因此，他能在 1946 年较有把握地宣布，地球至少已经存在 30 亿年，很可能还要长，这是一项相当了不起的成就。不幸的是，他又一次遇到了巨大的障碍：他的科学界同行们非常保守，对他的成就拒不承认。许多人尽管乐意赞赏他的方法，却认为他得出的不是地球的年龄，而只是组成地球材料的年龄。

就在这个时候，芝加哥大学的哈里森・布朗发明了一种统计火成岩（即通过加热形成的岩石，而不是通过沉积形成的岩石）里铅同位素的新方法。他意识到这项工作相当乏味，便把它交给了年轻的克莱尔・彼得森，作为他的论文项目。他向彼得森保证，以他的新方法来测定地球的年龄会"易如反掌"。实际上，这项工作花了几年时间。

1948 年，彼得森着手从事这个项目。与托马斯・米奇利丰富多彩、不断推动历史前进的贡献相比，彼得森测定地球年龄的工作有点儿平平庸庸的味道。有 7 年时间，先是在芝加哥大学，后在加州理工学院（他于 1952 年迁往那里），他在无菌实验室里埋头苦干，仔细选择古老岩石的样品，精密测定里面铅和铀的比例。

测定地球年龄的问题在于，你需要有极其古老的岩石，内有含铅和铀的晶体，其古老程度几乎与这颗行星一样，测出的年代显然会比较年轻，从而得出错误的结论，而真正古老的岩石在地球上是很难找得着。到 20 世纪 40 年代末，谁也不知道这是什么原因，实际上，要等到太空时代，才可能有人貌似有理地说明地球上古老岩石的去向，这真是不可思议的。与此同时，彼得森只能在材料非常有限的情况下把这一切搞清楚。最后，他突然聪明地想到，他可以利用地球之外的岩石，从而绕开缺少岩石的问题。他把注意力转向陨石。

他提出了一个假设，结果证明非常正确，即，许多陨石实际上是太阳系早期留下来的建筑材料，因此多少保留着原始的内部化学结构。测定了这些四处游荡的岩石的年代，你也就接近于测定了地球的年龄。

然而，通常来说，总是说来容易做来难。陨石数量不多，陨石样品也不是很容易能采集到手。而且，布朗的测量方法过分注重细节，需要作很多改进。最大的问题是，彼得森的样品只要接触空气，就莫名其妙地不断地受到大气里铅的严重污染。正是由于这个原因，他最后建立了一个消过

毒的实验室，世界上第一个无菌实验室，至少有一份材料里是这么说的。

彼得森任劳任怨地干了 7 年，才收集到可用于最后测试的样品。1953 年春，他把样品送到伊利诺伊州的阿冈尼国家实验室。他及时获得了一台新型的质谱仪，可以用来发现和测定密藏在古晶体里的微量铀和铅。彼得森终于得出了结果。他激动万分，直接驱车去艾奥瓦州他度过少年时代的家中，让他的母亲把他送进医院，因为他认为自己在发心脏病。

此后不久，在威斯康星州的一次会议上，彼得森宣布地球的确切年龄为 45. 5 亿年（误差 7000 万年），麦格雷恩赞赏地说："这数字 50 年以后依然没有改变。"经过 200 年的努力，地球终于有了个年龄。

彼得森几乎马上把注意力转向大气里那个铅的问题。他吃惊地发现，有关铅对人体的影响，人们仅有的一点儿认识几乎无一例外是错误的，或者是令人产生误解的，因为 40 年来对铅的影响的每项研究，全是由铅添加剂的制造商们提供资金的。

在一项这样的研究中，一名没有受过化学病理学专门训练的医生承担了一个五年计划。根据计划，他让志愿者们吸入或吞下越来越大量的铅，然后对他们的大小便进行化验。不幸的是，那位医生似乎也不懂，铅不会被作为废物排泄出体外，只会积累在骨头和血液里——这正是铅很危险的原因，他既没有检查骨头，也没有化验血液。结果，铅被宣布对健康毫无影响。

彼得森很快确认，大气里有大量的铅，因为铅从来没有消失，其中大约 90% 来自汽车的废气管，但他无法加以证明。他需要一种方法，把现在大气里铅的浓度，与 1923 年四乙铅开始商业生产之前的浓度进行比较。他突然想到，冰核可能会提供这个答案。

人们知道，在格陵兰岛这样的地方，每年的积雪层次很分明（因为季节温差使得冬季到夏季的颜色稍有不同）。只要往前数一数这些层次，测量一下每一层里铅的含量，你就可以计算出几百甚至几千年里任何时候全球大气里铅的浓度。这个见解成为冰核研究的基础，许多现代气候学的研究工作都是建立在这个基础上的。

彼得森发现，1923 年之前，大气里几乎没有铅；自那以后，铅的浓度不断危险地攀升。于是，把铅撵出汽油成了他一生的追求。为此，他经常批评铅工业及其利益集团，而且往往言辞很激烈。

这是一场残酷的斗争。四乙公司是全球一家势力很大的公司，上头有很多朋友，它的董事当中有最高法院的法官刘易斯·鲍威尔和美国地理学

会的吉尔伯特·格罗夫纳。彼得森突然发现研究资金要么被收回，要么很难获得。美国石油研究所取消了与他签订的一项合同，美国公共卫生署也是，后者还算是个中立的政府机关呢。

彼得森成了一个对本单位越来越不利的人。铅工业界官员不断向加州理工学院董事会成员施加压力，要么让他闭嘴，要么让他离开。杰米·林肯·基特曼在2000年的《国家》杂志中写道，据说，四乙公司愿意向加州理工大学无偿提供一名教授讲席的费用，“如果能让彼得森卷铺盖走人的话”。荒唐的是，一个美国研究委员小组被指派来调查大气中铅毒的危险程度，他竟然被排除在外，尽管他这时候毫无疑问已经是美国大气铅问题的主要专家。

幸好，彼得森从来没有动摇过。由于他的努力，最后提出了《1970年洁净空气法》，并于1986年在美国停止销售一切含铅汽油。美国人血液里的铅浓度几乎马上下降了80%。但是，由于铅是一种难以消除的物质，今天每个活着的美国人血液里的铅浓度，仍要比一个世纪以前的人高出大约625倍。大气里铅的含量还在以大约每年10万吨的速度继续增加，而且完全是以合法的方式，主要来自采矿、冶炼和工业活动。美国还禁止在家用油漆中添加铅，正如麦格雷恩所说，“比大多数欧洲国家晚了44年”。考虑到铅的惊人毒性，美国直到1993年才在食品罐头上停止使用焊铅，这是不可思议的。

至于四乙公司，它仍在发展，虽然通用汽车公司、美孚石油公司和杜邦公司在该公司已经没有股份（1962年，它们把股份卖给了奥尔马尔造纸公司）。据麦格雷恩说，直到2001年2月，四乙公司依然坚持认为，“研究表明，含铅汽油无论对人的健康还是对环境都不构成威胁”。在它的网站上，公司的历史没有提及铅，只是简单地提到原先的产品里含有“某种化学混合物”。

四乙公司不再生产含铅汽油，但据2001年的公司报表，2000年四乙铅的销售额仍达到2510万美元（它的全部销售额为79500万美元），比1999年的2410万美元略有增长，但低于1998年的11700万美元。公司在它的报告中说，它决心“使四乙铅产生的现金收入增加到最大程度，尽管全世界的使用量在不断下降”。四乙公司通过与英国奥克特尔联合公司的一项协议在全世界销售四乙铅。

至于乔治·米奇利留给我们的另一个祸害含氯氟烃，美国在1974年已经禁止使用，但它是个顽固不化的小魔鬼，以前比如从除臭剂或喷发定型

剂排放到大气的这种东西几乎肯定还在那里，并且很久以后还会在吞食臭氧。更为糟糕的是，我们每年仍在向大气里排放大量含氯氟烃。韦恩・比德尔说，每年仍有 2700 万千克以上的这种东西在市场上销售，价值 15 亿美元。那么，是谁在生产含氯氟烃？是我们——那就是说，许多大公司仍在其海外的工厂里生产这种产品。第三世界国家直到 2010 年才加以禁止。

克莱尔・彼得森于 1995 年去世，他没有因为自己的成就而获得诺贝尔奖。地质学家向来没有这个资格。更令人不解的是，尽管他在半个世纪的时间里坚持不懈、大公无私，取得越来越大的成就，他也没有获得多少名气，甚至没有受到多大重视。我们有理由认为，他是 20 世纪最有影响的地质学家。然而，谁听说过克莱尔・彼得森？大多数地质学教科书没有提到他的名字，而有两本有关测定地球年龄历史的畅销书，竟然还把他的名字拼错了。2001 年年初，有人在《自然》杂志里就其中的一本书写了一篇书评，结果又犯了一个错误，作者竟认为彼得森是个女人。

无论如何，多亏克莱尔・彼得森的工作，到 1953 年，地球终于有了个人人都能接受的年龄。现在唯一的问题是，它比它周围的世界还要古老。

第十一章 马斯特·马克的夸克

1911 年，一位名叫威尔逊的英国科学家经常爬到本尼维斯山顶去研究云层的构造。这座山位于苏格兰，以潮湿闻名。他突然想到，肯定还有一种比较简单的办法。回到剑桥大学的卡文迪许实验室以后，他建起了一个人工云室，他在里面可以冷却和湿润空气，在实验室现有的条件下创建一个说得过去的云层模型。

那个装置运转良好，而且还有个意料之外的好处。当威尔逊使一个 α 粒子加速通过云室制造的人工云团的时候，它留下了一条明显的轨迹，很像一架飞过的飞机留下的痕迹。他刚刚发明了粒子探测仪，提供了令人信服的证据，证明亚原子粒子确实存在。

最后，卡文迪许实验室的另外两位科学家发明了功率更大的质子束装置，欧内斯特·劳伦斯在加州大学伯克利分校造出了著名的回旋加速器，或称原子粉碎器，这类设备在很长时间里就是这么称呼的。所有这些新发明的原理大体相同，无论是过去还是现在，即将一个质子或别的带电粒子沿着一条轨道（有时是环形的，有时是直线的）加速到极快的速度，然后砰地撞向另一粒子，看看撞飞了什么。所以，它也被称为原子粉碎器。严格来说，这算不上是科学，但一般来说是很管用的。

随着物理学家建造越来越大、越来越雄心勃勃的机器，他们开始或推断出似乎永无穷尽的粒子或粒子族：π 介子、μ 介子、超子、介子、K 介子、希格斯玻色子、中间矢量玻色子、重子、超光速粒子。连物理学家都开始觉得不大舒服。“年轻人，”当有个学生问恩里科·费米某个粒子的名字的时候，他回答说，“要是我记得清这些粒子的名字，那我早就当植物学家了。”

今天，加速器的名字听上去有点像是弗莱什·戈登用于打仗的武器：超级质子同步加速器，大型正负电子对撞机，大型强子对撞机，相对论性重离子对撞机。使用的能量是如此之大，有的只能在夜间操作，这样，设备点火时邻近城镇的居民才不至于注意到自己的灯光暗淡下去。它们可以把粒子激活到这样的状态：一个电子在不到 1 秒的时间里能沿着 7 千米长的隧道击打 47000 圈。人们担心，科学家们在头脑发热的时候会在无意之中创建一个黑洞，甚至所谓的“奇异夸克”。从理论上说，这些粒子可以与别的亚原子粒子相互作用，产生连锁反应，完全失去控制。要是你现在

还活着在看这本书的话，说明那种情况没有发生。

寻找粒子需要集中一定精力。粒子不但个儿很小，速度很快，而且转瞬即逝。粒子可以在短达 10^{-24} 秒时间里出现和消失。连最缺乏活力的不稳定的粒子，存在的时间也不超过 10^{-7} 秒。

有的粒子几乎捕捉不到。每一秒钟，就有 10^{28} 个微小的、几乎没有质量的中微子抵达地球（大多数是太阳的热核反应辐射出的），实际上径直穿过这颗行星以及上面的一切东西，包括你和我，就仿佛地球并不存在。为了捕捉几个粒子，科学家们需要在地下室（通常是废矿井里），用容器盛放多达 57000 立方米重水（即含氘相对丰富的水），因为这种地方受不到其他类型辐射的干扰。

在非常偶然的情况下，一个经过的中微子会砰地撞击水里的一个原子核，产生一丁点儿能量。科学家们统计这些一丁点儿，以这种办法逐步了解宇宙的基本性质。1998 年，日本观察人员报告说，中微子确有质量，但是不大，大约是电子的一千万分之一。

如今，寻找粒子真正要花的是钱，而且是大量的钱。在现代物理学中，寻找的东西的大小，与所需设备的大小，往往有意思地成反比关系。欧洲核研究组织简直像个小城市，它地跨法国和瑞士边境，有 3000 名雇员，占地几平方千米。欧洲核研究组织有一排比埃菲尔铁塔还要重的磁铁，周围有一条大约 26 千米长的地下坑道。

詹姆斯・特雷菲尔说，击碎原子倒还容易，每次只要把日光灯一开。然而，击碎原子核就需要大量的金钱和大量的电力。把粒子变成夸克，即构成粒子的粒子，就需要更多的电和更多的钱：几万亿瓦电和相当于一个中美洲小国的预算。欧洲核研究组织的一台新的大强子对撞机定于 2005 年开始运转，它将产生 14 万亿瓦能量，建设费超过 15 亿美元。

然而，这两个数字与那台超级超导对撞机本来所能产生的能量和所需的建设费用相比，那简直是小巫见大巫。20 世纪 80 年代，得克萨斯州附近开始建设一台超级超导对撞机，然后本身与美国国会发生了超级对撞，结果很不幸，现在永远建不成了。这台对撞机的意图是：让科学家们重建尽可能接近于宇宙最初十万亿分之一秒里的情况，以探索“物质的最终性质”。该计划要把粒子甩进一条 84 千米长的隧道，获得实在令人吃惊的 99 万亿瓦能量。这是个宏伟的计划，但建设费用高达 80 亿美元，最后增加到 100 亿美元，每年的运行费还要花上几亿美元。

这也许是历史上把钱倒进地洞的最好例子。美国国会为此花掉了 20 亿

美元，然后在建成一条 22 千米长的隧道以后取消了这项工程。现在，得克萨斯人可以为拥有一个全宇宙代价最高的地洞而感到自豪。我的朋友、《价值连城的堡垒》的作者杰夫·吉恩对我说："那实际上是一大片空地，周围布满了一连串失望的小城镇。"

超级对撞机化为泡影以后，粒子物理学家们的眼界放低了点。但是，即使是比较一般的项目的成本也可能相当惊人，要是与几乎其他任何项目相比的话。有人建议在南达科他州莱德的一座废矿，建个中微子观察站，其成本就高达 5 亿美元，还不算每年的运转费用。而且，还要花 2.81 亿美元的"一般改建费"。与此同时，伊利诺伊州费尔米莱布的一个粒子加速器仅更新材料就要花费 2.6 亿美元。

总之，粒子物理学是个花钱很多的事业，但也是个收获巨大的事业。今天，粒子的数量已经大大超过 150 种，还有 100 种左右被怀疑存在。但不幸的是，用理查德·费曼的话来说："很难搞清所有这些粒子的关系，大自然要它们干什么，彼此有什么联系。"每打开一个盒子的时候，我们总是发现里面还有一个紧闭的盒子。有的人认为存在超光速粒子，其运动速度超过光速。有的渴望找到引力子。我们刨根问底儿已经刨到什么程度，现在还很难说。卡尔·萨根在《宇宙》一书中说，要是你钻进一个电子深处，你会发现它本身就是一个宇宙，使你回想起 20 世纪 50 年代的那些科幻故事。"里面大量小得多的别的粒子组成了相当于当地的星系和较小的结构，它们本身就是下一层次的宇宙，如此永远下去，宇宙中的宇宙，永无尽头。"

对于我们大多数人来说，这是个不可想象的世界。如今，即使看一本有关粒子物理学的初级指南，你也必须克服语言方面的重重障碍，比如："带电的 π 介子和反 π 介子分别衰变成一个 μ 介子加上反中微子和一个反 μ 介子加上中微子，平均寿命为 2.603×10^{-8}秒；中性 π 介子衰变成 2 个光子，平均寿命大约为 0.8×10^{-16}秒；μ 介子和反 μ 介子分别衰变成……"如此等等。而且，这段话还通常是从文笔浅显的作家斯蒂芬·温伯格为普通读者写的一本书里引来的。

20 世纪 60 年代，加州理工学院物理学家默里·盖尔曼试图把事情简化一下，发明了一种新的粒子分类法，用斯蒂芬·温伯格的话来说，实际上"在一定程度上使大量的强子重新变得一目了然"，物理学家用来指受强核力支配的质子、中子和其他粒子。盖尔曼的理论认为，所有强子都是由更小的，甚至更基本的粒子组成的。他的同事理查德·费曼想跟多利那样把

这些新的基本粒子叫做部分子，但是没有获得通过。它们最后被称做夸克。

盖尔曼从小说《芬内根的觉醒》的一句话中取了这个名字："给马斯特・马克来三夸克（quarks）!"敏锐的物理学家把 storks 而不是 larks 作为该词的韵脚，尽管乔伊斯脑子里想的几乎显然是后者的发音夸克的这种基本的简洁性并没有持续很久。随着人们对夸克的进一步了解，需要更细的分类。尽管夸克太小，不可能有颜色、味道或任何别的可以识别的化学特性，它们还是被分成 6 类——上、下、奇、粲、顶和底，物理学家们奇怪地把这些统称为它们的"味"，它们又进一步被分成红、绿和蓝三种颜色（人们怀疑，这些名称原先在迷幻药时代在加利福尼亚州使用过，这不完全是一种巧合）。

最后，出现了所谓的标准模型。对亚原子世界来说，它实际上是一个元件箱。标准模型的组成成分是：6 种夸克、6 种轻子、5 种已知的玻色子和 1 种假设的玻色子（即希格斯玻色子，以苏格兰科学家彼得・希格斯的名字命名），加上 4 种物理力中的 3 种：强核力、弱核力和电磁力。

这种安排其实说明，在物质的基本材料中有夸克；夸克由名叫胶子的粒子黏合在一起；夸克和胶子一起形成了原子核的材料，即质子和中子。轻子是电子和中微子的来源。夸克和轻子统称为费密子。玻色子（以印度物理学家 S・N・玻色的名字命名）是产生和携带力的粒子，包括光子和胶子。希格斯玻色子也许存在，也许不存在，这完全是为了赋予粒子质量而发明出来的。

可以看得出，这个模型真是有点儿笨拙，但这是可以用来解释粒子世界全部情况的最简单的模式。大多数粒子物理学家觉得，正如利昂・莱德曼在 1985 年的一部电视片里说的，标准模型不大优美、简明。"它过于复杂，有许多过于武断的参数。"莱德曼说，"我们其实不明白，为了创造我们都知道的宇宙，造物主干吗要转动 20 个门把来设定 20 条参数。"实际上，物理学的任务是探索最终的简洁性，而迄今为止的一切都乱成了美丽的一团，就像莱德曼说的："我们深深地感到，这幅图画并不美丽。"

标准模型不但很笨拙，而且不完整。一方面，它根本没有谈到引力。找遍整个标准模型，你找不出任何解释，为什么放在桌上的帽子不会飞上天花板。我们刚才已经提到，它也不能解释质量。为了赋予粒子质量，你不得不引入假设的希格斯玻色子，它是否真的存在，要靠未来的物理学来解决。正如费曼所由衷认为的那样："因此，我们对这个理论处于进退两难的境地，不知道它是对的还是错的。但我们确实知道它是有点儿错的，或

者至少是不完整的。”

物理学家试图把什么都扯到一起，结果想出来一种所谓的超弦理论。这种理论假设，以前我们认为是粒子的夸克和轻子，实际上都是“弦”——振动的能弦，它们在 11 个维度中摆动，包括我们已知的 3 个维度，再加上时间，以及 7 个别的维度，我们现在还无法知道。这种弦非常微小，小得可以被看成是点粒子。

通过引入额外的维度，超弦理论使科学家能把量子定律和引力定律相对比较融洽地合在一起。但是，这也意味着，科学家关于这个理论的任何解释，听上去都会令人惴惴不安，犹如公园凳子上的陌生人告诉你某个想法，你听了会慢慢走开一样。比如，物理学家米奇奥・卡库是这样从超弦理论的角度来解释宇宙的结构的：

“杂化弦由一根闭合的弦组成，它有两种振动模式，顺时针方向的和逆时针方向的，要以不同的方式来对待。顺时针方向的振动存在于一个 10 维空间。逆时针方向的振动存在于一个 26 维的空间，其中有 16 维已经被压实了（我们知道，在卡鲁扎原先的 5 维空间里，第五维被卷成一个圈，已经给压实了）。”

如此等等，洋洋洒洒 350 页左右。

弦理论又进一步产生了所谓的 M 理论。该理论把所谓“膜”的面，纳入了物理学世界的灵魂。说到这里，我们恐怕到了知识公路的站点，大多数人该下车了。下面引了《纽约时报》上的一句话，它以尽可能简单的语言向普通读者解释了这种理论：

“在那遥远遥远的过去，火成过程以一对又平又空的膜开始，它们互相平行地处于一个卷曲的 5 维空间里……两张膜构成了第五维的壁，很可能在更遥远的过去作为一个量子涨落产生于无，然后又飘散了。”

无法与之争辩，也无法理解。顺便说一句，“火成”源自希腊文，意为“燃烧”。

现在，物理学的问题已经达到这样的一种高度，正如保罗・戴维斯在《自然》杂志里说的，“非物理学家几乎不可能区分你是合乎常情的怪人，还是彻头彻尾的疯子。”有意思的是，2002 年秋，这个问题到了关键时刻。两位法国物理学家——孪生兄弟伊戈尔・波格丹诺夫和格里希卡・波格丹诺夫，提出了一种关于极高密度的理论，包括“想象的时间”和“库珀－施温格－马丁条件”这样的概念，旨在描述无，即大爆炸以前的宇宙——这段时间一直被认为是无法知道的（因为它发生在物理现象及其特性诞生

之前）。

波格丹诺夫理论几乎立即在物理学家中间引起争论：它到底是胡说八道，还一项天才的成就，亦或是一个骗局？“从科学的角度来看，显而易见，它多少是彻头彻尾的胡说八道。”哥伦比亚大学的物理学家彼得·沃伊特对《纽约时报》记者说，“不过，近来，它跟许多别的文献没有多大区别。”

卡尔·波普尔被斯蒂芬·温伯格称之为“现代科学哲学家的泰斗”。有一次，他提出，物理学很可能没有一种终极理论，每一种解释都需要进一步的解释，形成“永无穷尽的一连串越来越基本的原理”。与之相对的可能性是，这种知识也许是我们完全无法理解的。“幸亏，迄今为止，”温伯格在《终极理论之梦》中写道，“我们的理智资源似乎尚未耗尽。”

几乎可以肯定的是，这个领域将出现更多的见解；几乎同样可以肯定的是，这些见解将是我们大多数人所无法理解的。

正当20世纪中叶的物理学家在迷惑不解地观测小世界的时候，天文学家发现，同样引人注目的是，对大宇宙的理解也是不完整的。

上次谈到，埃德温·哈勃已经确认，我们视野里的几乎所有星系都在离我们远去，这种退行的速度和距离是成正比的：星系离得越远，运动的速度越快。哈勃发现，这可以用个简单的等式来加以表示：$\mathrm{Ho} = v/d$（Ho是常数，v 是星系飞离的速度，d 是它离开我们的距离）。自那以后，Ho一直被称之为哈勃常数，整个等式被称之为哈勃定律。哈勃利用自己的等式，计算出宇宙的年龄大约为20亿年。这个数字有点儿别扭，因为即使到20世纪20年代末，情况已经越来越明显，宇宙里的许多东西，很可能包括地球本身的年龄都要比它大。完善这个数字是宇宙学界一直关心的事情。

关于哈勃常数，唯一常年不变的是对它的评价意见不一。1956年，天文学家们发现，造父变星比他们认为的还要变化多端，造父变星可以分为两类，而不是一类。于是，他们重新进行计算，得出宇宙新的年龄大约为70亿~200亿年，不是特别精确，但至少相当古老，终于可以把地球的形成涵盖其中。

在此后的几年里，爆发了一场旷日持久的争论，一方是哈勃在威尔逊山天文台的继承人阿伦·桑德奇，另一方是法国出生的得克萨斯大学天文学家热拉尔·德·沃库勒。桑德奇经过几年的精心计算以后，得出哈勃常数的值为50，宇宙的年龄为200亿年。沃库勒同样很有把握：哈勃常数为100。这意味着，宇宙的大小和年龄只有桑德奇认为的一半——100亿年。

1994 年，情况突然变得更不确定，加利佛尼亚州卡内基天文台的一个小组根据哈勃天文望远镜的测量结果，提出宇宙的年龄只有 80 亿年，连他们也承认，这个年龄比宇宙里某些恒星的年龄还要小。2003 年 2 月，一个来自美国国家航空和航天局及马里兰州高达德太空飞行中心的小组，利用一种名叫威尔金森微波各向异性探测器的新型卫星，信心十足地宣布，宇宙的年龄为 137 亿年，误差 1000 万年左右。事情到此为止，至少眼下就是这样。

若要作出最后的定论，难度确实很大，因为往往有很大的解释余地。想象一下，你夜间站在一片空地上，想要确定远处两盏电灯之间的距离。如果使用比较简单的天文学工具，你很容易确定两个灯泡的亮度一样，以及一个灯泡要比另一个灯泡远 50% 的距离。但是，你无法确定的是，较近的那盏灯，比如是 37 米以外的那个 58 瓦的灯泡，还是 36. 5 米外的那个 61 瓦的灯泡。此外，你还必须考虑到由几个原因造成的失真：地球大气的变化，星际尘埃，前景恒星对光的污染，以及许多别的因素。因此，你的计算结果势必是以一系列嵌套的假设为基础的，其中任何一个都可能引起争议。还有一个问题：使用天文望远镜总是代价很高，在历史上，测量红移要长时间使用天文望远镜，令人注目地花钱很多，很可能要花上整整一个夜晚才能获得一张底片。结果，天文学家不得不（或者愿意）根据少得可怜的证据就下了结论。在宇宙学方面，正如记者杰弗里·卡尔指出的，我们“在鼹鼠丘似的证据上建立起大山似的理论”。或者像马丁·里斯说的：“我们目前的满足（于我们的认识状态）也许反映了数据的匮乏，而不是理论的高超。”

顺便说一句，这种不确定状态适用于比较近的东西，也适用于遥远的宇宙边缘。当天文学家说 M87 星系在 6000 万光年以外的时候，正如唐纳德·戈德史密斯说的，他们其实是在说它大约在 4000 万 ~ 9000 万光年之间。大宇宙里的事情自然是被夸大的。有鉴于此，我们目前有关宇宙最好的估计似乎是 120 亿 ~ 135 亿年之间，但距离意见一致还差得很远。

近来有人提出了一种很有意思的理论，认为宇宙根本没有我们原来以为的那么大，我们凝望远方所看到的有些星系，也许只是映像，是反射的光产生的重像。

实际上，还有很多东西我们不知道，甚至在很基本的层面上。当科学家们计算使东西保持在一起所需的物质的量的时候，结果总是发现远远不够。宇宙的至少 90% ，也许多达 99% ，似乎是由弗里茨·兹维基认为的

“暗物质”组成的。我们生活在一个多半连看都看不见的宇宙里，而却毫无办法，想到这一点真让人觉得有点儿不是滋味。至少有两个主要嫌疑的名字受到注意：据说，它们不是“WIMP”，即“弱互相作用大质量粒子”，是大爆炸留下的看不见的微小物质，就是“MACHO”，即“晕状大质量致密天体”，实际上只是黑洞、棕色矮星和其他光线很暗的恒星的另一种说法。

粒子物理学家往往赞成解释为粒子，即 WIMP；天体物理学家赞成解释为星体，即 MACHO。MACHO 一度占了上风，但根本找不到足够的数量，所以风向又转向 WIMP，而问题是 WIMP 从来没有发现过。由于它们的相互作用很弱，因此很难识别它们（即使假设它们的存在）。宇宙射线会造成太多干扰。因此，科学家们必须钻到地下深处。在地下一千米的地方，宇宙射线的轰击强度只有地面的百万分之一。但是，即使把这一切都加上去，正如有一位评论家说的：“宇宙在决算表上还相差 2/3。”眼下，我不妨把它们称之为“DUNNOS”（某处未知非反射不可测物体）。

近来有迹象表明，宇宙的星系不仅在离我们远去，而且离去的速度越来越快。这与人们的期望是背道而驰的。看来宇宙不仅充满暗物质，而且充满暗能量。科学家们有时将这称之为真空能或第五元素。无论如何，宇宙似乎在不断膨胀，谁也说不清这是什么道理。该理论认为，空空荡荡的太空其实并不空空荡荡，是它们在把宇宙以越来越快的速度往外推移。令人不可思议的是，解决这一切的恰恰是爱因斯坦的宇宙常数，他为了驳斥关于宇宙在不断膨胀的假设而在广义相对论里顺便引入的，也是他自称是“我一生中最大的失误”的那个小小的算式。现在看来，他毕竟还是对的。

归根结底，我们生活在一个宇宙里，它的年龄我们算不大清楚；我们的四周都是恒星，它们到我们的距离以及它们彼此之间的距离我们并不完全知道；宇宙里充满着我们无法识别的物质；宇宙在按照物理学定律运行，这些定律的性质我们并不真的理解。

以这样的一种很不确定的基调，让我们再回到地球，考虑一下我们确实理解的东西，要是你听到我们并没有完全理解它这类话，你也许不会再感到吃惊。

第十二章　移动中的大地

1955 年，阿尔伯特・爱因斯坦做了生前最后一件专业方面的事——为一本书写了个短小而生动的前言。该书的题目是《移动的地壳：解答地球科学中的一些问题》，作者是一位名叫查尔斯・哈普古德的地质学家。哈普古德在书里坚决驳斥了关于大陆在漂移的观点。他以逗大家与他一起发笑的口气指出，少数容易上当受骗的人认为“有些大陆的形状显然吻合”。他接着说，似乎“南美洲可以和非洲拼在一起，如此等等，有人甚至声称，大西洋两岸的岩石结构完全一致”。

哈普古德先生断然不接受任何这类观点，并且指出，地质学家卡斯特和门德斯已经在大西洋两岸进行了大量实地考察，毫无疑问地确定这些相似之处压根儿就不存在。天知道卡斯特和门德斯两位先生考察了哪些地方，因为大西洋两岸的许多岩石结构确实是一样的，而且完全一样。

无论是哈普古德先生，还是那个年代的许多别的地质学家，这个观点怎么也听不进去。哈普古德提到的理论，最初是由一位名叫弗兰克・伯斯利・泰勒的美国业余地质学家在 1908 年提出来的。泰勒出生于一个富裕家庭，既有足够的财力，又不受学术约束，可以按照不同寻常的办法来从事研究。他突然发现，非洲海岸与对面的南美洲海岸的形状十分相似。根据这个观察结果，他提出了大陆曾经到处滑动的见解。他提出几块大陆轰然撞在一起，形成了世界上的山脉。不过，他没有拿出多少证据，该理论被认为不切实际，不值得予以重视。

然而，在德国，有一位理论家接受了泰勒的观点，而且予以高度重视，他就是马尔堡大学的气象学家阿尔弗雷德・魏格纳。魏格纳考察了许多植物和化石的反常现象，那些现象无法纳入地球历史的标准模型。他认识到，要是用常规的方法来加以解释，那简直说不通。动物化石不断在海洋两岸出现，而海洋很宽，动物显然是游不过去的。他心里转念，有袋动物是怎么从南美洲跑到澳大利亚去的？为什么同样的蜗牛出现在斯堪的纳维亚半岛和新英格兰？你怎么说明煤层和其他亚热带残迹会出现在斯匹次卑尔根群岛这样的寒带地区，如果它们不是以某种方式从气候较热的地方迁移过来的话？

魏格纳提出了一种理论，认为世界上的大陆原先属于一个陆块，他称其为“泛大陆”，植物群和动物群可以混杂在一起，只是到了后来，联合古陆才裂成几块，漂移到现在的位置。他写了《海陆的起源》一书来阐述他的观点。1912 年，该书以德文出版，三年以后又出版了英文本。

由于战争，魏格纳的理论起初没有引起多大注意。但是，他在 1920 年出版了修订本，并进行了扩充，它很快成了人们讨论的话题。大家都认为，大陆在移动——不是左右移动，而是上下移动。垂直移动的过程，即所谓的地壳均衡，是几代人地质信念的一个基础，虽然谁也提不出令人信服的理论来解释它是怎么发生的，或为什么发生。有一种见解还在教科书里出现过，那就是在世纪之交由奥地利人爱德华·休伊斯提出的“云莓干”理论。该理论认为，随着灼热的地球冷却下来，它皱缩成云莓干的模样，创建了海洋和山脉。且不说詹姆斯·赫顿早就说过：真是这样一种静止的安排的话，由于侵蚀作用夷平了凸处，填平了凹处，地球会成为一个毫无特色的球体。卢瑟福和索迪在 20 世纪初还指出了另一个问题：地球蕴藏着巨大的热量——巨大得根本谈不上休伊斯所说的冷却和皱缩。无论如何，要是休伊斯的理论真是正确的话，山脉就会在地球表面上分布得很均匀，而实际情况显然不是那样的；年龄也会差不多一样，而到 20 世纪初，情况已经一清二楚，有的山脉（比如乌拉尔山脉和阿巴拉契亚山脉）要比别的山脉（比如阿尔卑斯山脉和落基山脉）古老几亿年。提出一种新的理论的时机显然已经成熟。不幸的是，地质学家们不希望把这个任务交给阿尔弗雷德·魏格纳来完成。

首先，他的观点很激进，对他们学科的基础提出了质疑，不大可能在听众中产生多大热情。这样的一种挑战即使来自一位地质学家，也会是相当痛苦的，而魏格纳没有地质学的背景。他是一位气象学家，一名气象员，这个缺陷是无法弥补的。

所以，地质学家们想方设法要驳斥他的证据，贬低他的见解。为了回避化石分布的问题，他们就架起古代“陆桥”，只要那里需要。当发现一种名叫“三趾马”的古马同时生活在法国和美国佛罗里达州的时候，一座陆桥就在大西洋上架起来了；当发现古代的貘同时存在于南美洲和东南亚，他们又架起了一座陆桥。过不多久，史前海洋的地图上几乎到处都是假想的陆桥——从北美洲到欧洲，从巴西到非洲，从东南亚到澳大利亚，从澳

大利亚到南极洲。这种鬈须状的连接物出现得很快，只要需要，把一种生物从一个大陆搬到另一个大陆，消失得也很快，最后就无影无踪了。当然，这种东西没有一丝一毫的根据，是大错特错的。然而，在此后的半个世纪里，它是地质学的正统观念。

有的事情，即使陆桥也无法解释。人们发现，有一种在欧洲很著名的三叶虫在纽芬兰也生活过。谁也无法令人信服地解释，三叶虫怎么能跨越3000 千米的汹涌大海，却又绕不过那个 300 千米宽的岛角。另一种三叶虫的情况更是反常，它出现在欧洲和美国西北部的太平洋沿岸，而在中间地带却不见踪影。这与其说需要一座陆桥，不如说需要一座立交桥。然而，直到 1964 年，《大英百科全书》在讨论各种不同的理论时，倒是把魏格纳的理论说成是“充满了许多严重的理论问题”。魏格纳犯过错误，这点不假。他断言格陵兰岛在以每年大约 1. 6 千米的速度向西漂移，这完全是胡说八道（更可能是 1 厘米）。尤其是，他对大陆移动不能作出有说服力的解释。若要相信他的理论，你不得不承认大陆不知怎的像农犁耕地那样被推过坚实的地壳，而又没有在后面留下犁沟。根据当时的认识，无法解释是什么力驱动了这样大规模的移动。

英国地质学家阿瑟·霍姆斯曾为确定地球的年龄作出了很大贡献。这次又是他提出了一种看法。霍姆斯是知道辐射热会在地球内部产生对流的第一位科学家。从理论上说，这种对流可能力量很大，能使大陆平面滑动。1944 年，霍姆斯首次出版了一本深受欢迎、很有影响的教材《物理地质学原理》。在这本书里，他提出了大陆漂移学说。该理论的许多基本原则今天依然盛行。它在当时仍是一种很激进的见解，受到了许多人的批评，尤其在美国。美国人抵制漂移学说的时间比别处要长。有一位美国评论家发愁地说，霍姆斯论点清楚，令人信服，学生们慢慢会信以为真。他的话毫无挖苦之意。然而，在别处，新理论受到了坚决的同时又是谨慎的支持。1950 年，英国科学促进协会在年会上进行了一次表决，表明大约半数代表现在已经欣然接受了大陆漂移的观点，过不多久，哈普古德引用了这个数字作为一个证据，证明英国地质学家已经多么可悲地误入歧途。有意思的是，霍姆斯本人有时候对自己的看法也有点动摇。1953 年，他承认：“对于大陆漂移学说，我从来没有摆脱过一种令人不安的反感；在作为地质学家的骨子里，恕我直言，我觉得这是个荒唐的假设。”

大陆漂移学说在美国不是完全无人支持，哈佛大学的雷金纳德·戴利就为它辩护。但是，也许你还记得，他就是提出月球是由一次宇宙撞击形成的那位先生。人们往往认为他的看法很有意义，甚至很有价值，但有点儿华而不实，因此不值得认真考虑。因此，大多数美国学者坚持认为，大陆向来就在现在的位置，它们的表面特征可以归因于侧向移动之外的原因。

有意思的是，石油公司的地质工作者多年来已经知道，要想找到石油，你不得不考虑的正是板块构造所必然包含的这种表面移动。但是，石油地质工作者不写学术论文，他们只找石油。

地球理论还有一个谁也没有解决过的，或接近于解决过的问题。那就是，这么多沉积物都上哪里去了？地球上的江河每年要把大量被侵蚀的材料，比如，5 亿吨钙带进大海。要是你把这一过程的年数乘以沉积速度，你就会得出一个惊人的数字：海底应该有一层大约 20 千米厚的沉积物，海底现在应该远远高出海面。科学家们以最简单的办法来对付这个不可思议的问题——不予理会。但是，终于到了一个时刻，不理会已经不行了。

第二次世界大战期间，普林斯顿大学的矿物学家哈里·赫斯负责指挥一条攻击运输舰“约翰逊角”号。舰上配有一台高级的新型测深器，名叫回声测深仪，以便在海滩登陆过程中操作更加方便。但是，赫斯意识到，这台仪器也可以用于科学目的，因此即使到了远海，即使在战斗最激烈的时候，也从不关掉。他的发现完全出人意料。如果海底像大家认为的那样很古老，那么就该有一层厚厚的沉积物，就像河底或湖底的淤泥那样。但是，赫斯的测量结果表明，海底根本没有又黏糊又平滑的古代泥沙。那里到处都是悬崖、沟壑和裂缝，还有星罗棋布的海底火山，即平顶海山。他称其为盖约特，以纪念早年普林斯顿大学的地质学家阿诺德·盖约特。这一切都是个谜，但赫斯的任务是打仗，他便把这些想法搁置脑后了。

战争结束以后，赫斯回到普林斯顿，主要从事教学工作，但海底之谜仍在他的脑海里占有一席之地。与此同时，在整个 20 世纪 50 年代，海洋学家对海底的考察日渐深入。在此过程中，他们发现了一件更加出人意料的事：地球上最雄伟、最大的山脉是在——主要部分是在水下。它沿着海床不断延伸，犹如网球上的花纹。要是从冰岛开始向南进发，你顺着这山脉可以抵达大西洋的中心，然后绕过非洲底部，越过印度洋和南太平洋，进入澳大利亚下方的太平洋；接着，它从斜里穿越太平洋，仿佛要去加利

佛尼亚半岛，实际上突然隆起，成为美国本土到阿拉斯加的西海岸。偶尔，它的山峰戳出水面，形成海岛或群岛，比如，大西洋上的亚速尔群岛和加那利群岛、太平洋上的夏威夷群岛，但大部分淹没在几千米深的海水下面，无人知晓，无人想到。如果把所有的支脉加在一起，该山脉总长达 75000 千米。

在一段时间里，人们对这些知之甚少。19 世纪铺设海底电缆的人已经发现，大西洋中部有山脉妨碍电缆的走向，但山脉的连贯性质和整体范围完全出乎人们意料。而且，它的形状很不规则。在大西洋中部那座山冈的中段，下面有一条裂缝宽达 20 千米，全长 19000 千米。这似乎表明，地球在沿着裂缝裂成两半，就像果仁爆裂出壳那样。这种看法荒诞不经而又扰乱人心，但那种迹象是不可否认的。

接着，1960 年，岩心样品显示，大西洋中部海底的山脊还相当年轻，但由此向东或由此向西，却变得越来越古老。经过考虑，哈里·赫斯觉得那种情况只有一种意思：新的海底地壳正在中央裂缝的两侧形成，然后被后面随即产生的更新的地壳向外推开。大西洋洋底实际上是两条大的传送带，一条把地壳传向北美洲，一条把地壳传向欧洲。这个过程后来被称为海底扩展。

地壳抵达与大陆交界处的终点以后，又突然折回地球内部，这个过程称之为潜没。该学说解释了那么多沉积物的去向。原来，它源源不断地回到了地球的肚子里。该学说还说明了那里的海底都比较年轻的原因。人们发现，那里的海底年龄都不超过 1. 75 亿年。这在过去是个谜，因为大陆上的岩石年龄往往有几十亿年。现在，赫斯终于明白了，海底岩石的存在时间，只是它来到海边所花的时间。这是一种美好的理论，解释了不少事情。赫斯在一篇重要的论文里阐述了他的观点。但是，这些观点几乎没有引起广泛的重视。有时候，世界对好的见解还完全缺乏思想准备。

与此同时，有两位独立开展工作的研究人员，正利用几十年前已经发现的一个有意思的地球史实，获得一些惊人的结果。1906 年，法国物理学家贝尔纳·布吕纳发现，这颗行星的磁场不时自行逆转，逆转的情况永久记录在某些正在形成的岩石里。具体来说，岩石里的铁矿石小粒子指向磁极，在它们形成之时磁极恰好在哪里，然后在岩石冷却和凝固的过程中永远指着那个方向。实际上，岩石“记住”了自己形成之时磁极的方向。多

年来，人们只是觉得这很有意思。但是，在 20 世纪 50 年代，伦敦大学的帕特里克·布莱克特和纽卡斯尔大学的朗科恩研究了凝固在英国岩石里的古代磁场模式，说轻一点也是感到非常吃惊地发现，那些岩石表明，在遥远过去的某个时候，英国曾发生自转，向北移动了一段距离，仿佛是不知怎的脱了缆绳。而且，他们还发现，要是你把一幅欧洲的磁场模式图放在同一时期的美国磁场模式图旁边，二者完全合拍，就像是一封被撕成两半的信。还过这有点儿怪，他们的发现竟也没有引起注意。

最后，是剑桥大学的两个人把这些线头拢到一起。一位是地质学家德拉蒙德·马修斯，另一位是他的一名研究生，名叫弗雷德·瓦因。他们利用对大西洋海床的磁场的研究成果，很有说服力地表明，海床正以赫斯所推测的方式不断扩展，而且大陆也在移动。加拿大地质学家劳伦斯·莫雷很倒霉，他在同一时间得出了同一结论，但找不到人发表他的论文。《地球物理研究》杂志的编辑对他说："这些推测拿到鸡尾酒会上去当做聊天资料倒还挺有意思，但不该拿到一份严肃的科学杂志来发表。"这件事成了一个冷落他人的著名例子。有一位地质学家后来把它描述成"很可能是有史以来被拒绝发表的最有意义的地球科学论文"。

无论如何，提出地壳移动的观点的时刻终于来到了。1964 年，该领域许多最重要的人物出席了由英国皇家学会在伦敦主办的研讨会。突然之间，好像人人都改变了观点。会议一致认为，地球是一幅由互相连接的断片组成的镶嵌画，它们挤挤搡搡的样子说明了地球表面的许多现象。

过不多久，"大陆漂移"的名字便被弃之不用，因为人们意识到，在移动的不光是大陆，而是整个地壳。但是，过了一段时间才为那些断片确定了名字。起先，人们称其为"地壳积木"，有时候还称其为"铺路石"。直到 1968 年年末，3 名美国地震学家在《地球物理研究》杂志发表了一篇论文，那些断片才从此有了现在的名字：板块。同一篇文章称这种新断片为"板块构造"。

旧的思想很难咽气，不是人人都马上接受那种激动人心的新理论。直到 20 世纪 70 年代，一本深受欢迎而又影响很大的、由德高望重的哈罗德·杰弗里斯撰写的地质学教材，还像 1924 年年初出版时那样，坚持认为板块构造学说在物理上不能成立。它同样不承认对流理论和海床扩展理论。在 1980 年出版的《海洋与山脉》一书中，约翰·麦克菲指出，即使到了那

个时候，每 8 名美国地质学家中仍有 1 名不相信板块构造学说。

今天，我们知道，地球表面是由 8 ~ 12 个大的板块（取决于你怎么界定大小）和约 20 个较小的板块组成的；它们都在以不同的速度朝不同的方向移动。有的板块很大，不大活跃；有的很小，但能量很大。它们与所在陆块只有一种附带关系。比如，北美板块比跟它有关的大陆要大得多。它大致沿着该大陆的西海岸伸展（由于板块边界上的磕磕碰碰，因此那个地区经常发生地震），但与东海岸完全没有关系，而是越过大西洋的一半路程，抵达大西洋中部的山脊。冰岛从中间一分为二，在板块上一半属于美洲，一半属于欧洲。与此同时，新西兰是巨大的印度洋板块的组成部分，虽然这个国家远离印度洋。大多数板块都是这种情况。

人们发现，现代陆块和古代陆块之间的关系，比想象的要复杂得多。哈萨克斯坦原来一度与挪威和新英格兰相连。斯塔腾岛的一角，仅仅是一角，属于欧洲。部分纽芬兰也是。在马萨诸塞州的海滩拾起一块石头，你会发现它最近的亲属如今在非洲。苏格兰高地以及斯堪的纳维亚半岛的很多地区，有相当部分属于美洲。据认为，南极洲的沙克尔顿山脉的有些地区可能一度属于美国东部的阿巴拉契亚山脉。总之，岩石是会来来往往的。

由于连续不断的动荡，这些板块不会合成一个静止的板块。如果大体上按照目前的情况发展下去，大西洋最终会比太平洋大得多；加利佛尼亚州的很大一部分将漂离大陆，成为太平洋里的马达加斯加岛；非洲将朝北向欧洲推进，把地中海挤出局去，在巴黎和加尔各答之间隆起一座雄伟的喜马拉雅山脉；澳大利亚将与北面的海岛连成一片，隔着一条狭长的地峡与亚洲相望。这些都是未来的结果，不是未来的事情。事情现在已在发生。我们在这里坐着的时候，大陆正在漂动，就像池塘里的一片叶子那样。多亏有了全球定位系统，我们可以看到欧洲和北美洲正以指甲生长的速度——大约以人的一生两米的速度——渐渐远离。只是因为人的寿命太短，我们才无法享受这种变化。要是你看一眼地球仪，你看到的其实只是一张快照，记录着大陆在地球史的 1‰时间里的状态。

在岩质行星中，只有地球才有板块。为什么是这样，这多少是个谜。这不仅是个大小或密度的问题，金星几乎是地球的孪生兄弟，但它没有板块活动，恰好有这么多量，使地球永远充满生气。据认为板块是地球机体的重要组成部分。正如物理学家兼作家詹姆斯 · 特雷菲尔所说：“如果说构

造板块的移动对地球的生命发展没有影响，这是难以想象的。”他认为，构造地质学引发的挑战对知识进步是个重要的促进。还有人认为，大陆漂移至少是地球上某些绝种现象的原因。2002 年 11 月，剑桥大学的托尼·迪克森在《科学》杂志上写了一篇报道，强烈认为岩石史和生命史很可能有联系。迪克森确认，在过去的 50 亿年里，世界海洋的化学结构时常突然发生戏剧性的变化；这些变化往往与生物史上的重大事件有关联——比如，大批微生物突然出现，后来形成了英格兰南部海岸的白垩悬壁；寒武纪贝类动物在海洋生物中突然增加等等。谁也说不清什么原因导致了海洋化学成分不时发生戏剧性的变化。但是，海脊的张开和合拢显然可能是个原因。

无论如何，板块构造学不仅解释了地球的表面动力学，比如古代三趾马是怎么从法国跑到了佛罗里达，而且还解释了它的许多内部活动。地震、群岛的形成、碳循环、山脉的位置、冰期的到来、生命本身的起源，几乎没有一样不是受这种了不起的新理论的直接影响的。麦克菲指出，地质学家们觉得眼花缭乱，“整个地球突然之间都说得通了”。

但是，只是在某种程度上。以往年代的大陆分布并不像大多数非地球物理学界人士认为的那样已经得到很好的解决。虽然教科书上好像很有把握地列出了古代的陆块，什么劳拉古陆呀，冈瓦纳大陆呀，罗迪尼亚大陆呀，泛大陆呀，但它们有时候是以不完全能成立的结论为基础的。乔治·盖洛德·辛普森在《化石与生命史》中指出，古代世界的许多种动植物出现在不该出现的地方，而却没有出现在该出现的地方。

冈瓦纳大陆一度是一块很大的陆块，连接澳大利亚、非洲、南极洲和南美洲。它的版图在很大程度上是根据古代一种名叫石苇的舌羊齿属植物的分布确定的。石苇在该发现的地方都有发现。然而，很久以后，世界的其他地方也发现了舌羊齿属植物，那些地方跟冈瓦纳大陆并不相连。这个令人不安的矛盾过去——现在仍然——很大程度上被忽略了。同样，一种名叫水龙兽的三叠纪爬行动物从南极洲到亚洲都有发现，证明了这两块大陆过去曾经相连的看法，但在南美洲或澳大利亚却从来没有发现过，而据认为这两个地方在同一时间曾经属于同一大陆。

还有许多地面特征构造地质学无法解释。以美国科罗拉多州丹佛为例，大家知道，这个地方海拔 1500 米，但那个高度是近来才有的事。在恐龙漫步地球的年代，丹佛还是海底的组成部分，在几千米深的海水底下。然而，

丹佛底下的岩石没有磨损，没有变形。要是丹佛是被互相撞击的板块托起来的话，情况不该是这样。无论如何，丹佛离板块的边缘很远，不可能受到它们的作用。这就好比你推一下地毯边缘，希望在对面的一端产生一个褶皱。在几百万年时间里，丹佛好像一直在神秘地上升，就像烤面包那样。非洲南部的许多地区也是这样。其中有一片 1600 千米宽的地方，在 1000 万年里隆起了大约 1.5 千米，而据知没有任何有关的构造活动。与此同时，澳大利亚却在渐渐倾斜、下沉。在过去的 1000 万年里，它一方面朝北向亚洲漂移，另一方面它的主要边缘下沉了将近 200 米。看来，印度尼西亚在慢慢地没入水中，而且拖着澳大利亚一起下去。构造理论根本无法解释这些现象。

阿尔弗雷德·魏格纳没有活到看到自己的思想证明是正确的。1930 年，他在 50 岁生日那天独自一人出发去格陵兰岛探险，检查空投的补给品，然后他再也没有回来。几天以后，有人发现他冻死在冰面上。他被埋在那里，至今还在那里长眠，只是比他死的那天离北美洲近了大约 1 米。

爱因斯坦也没有活着看到自己支持了错误的一方。他 1955 年死于新泽西州的普林斯顿，实际上是在查尔斯·哈普古德发表“胡说八道”的大陆漂移理论之前。

提出构造理论的另一个主要人物哈里·赫斯当时也在普林斯顿，在那里度过了他的余生。他的一位学生是个聪明的年轻人，名叫沃尔特·阿尔瓦雷斯，他最终将以完全不同的方式改变科学界。

至于地质学本身，大变革还刚刚开始，年轻的阿尔瓦雷斯为启动这个过程发挥了作用。

第四篇　接触生命本身

第十三章　生命的起源

1953 年，芝加哥大学的研究生斯坦利·米勒拿起两个长颈瓶：一个盛着一点水，代表远古的海洋，一个装着甲烷、氨和硫化氢的气体混合物，代表地球早期的大气，然后用橡皮管子把两个瓶子一连，放了几次电火花算做闪电。几个星期以后，瓶子里的水呈黄绿色，变成了营养丰富的汁，里面有氨基酸、脂肪酸、糖以及别的有机化合物。米勒的导师、诺贝尔奖获得者哈罗德·尤里欣喜万分，说：“我可以打赌，上帝肯定是这么干的。”

当时的新闻报道听上去让人觉得，你只要把瓶子好好地晃一晃，生命就会从里面爬出来。时间已经表明，事情根本不是那么简单。尽管又经过了半个世纪的研究，今天我们距离合成生命与 1953 年的时候一样遥远——更不用说认为我们已经有这等本事。科学家们现在相当肯定，早期的大气根本不像米勒和尤里的混合气体那样已经为生命的形成做好准备，而是一种很不活泼的氮和二氧化碳的混合物。有人用这些更具挑战性的气体重新作了米勒的实验，至今只制造出一种非常原始的氨基酸。无论如何，其实问题不在于制造氨基酸，问题在于蛋白质。

你把氨基酸串在一起，就得到了蛋白质。我们需要大量的蛋白质。其实谁也不大清楚，但人体里的蛋白质也许多达 100 万种之多，每一种都是个小小的奇迹。按照任何概率法则，蛋白质不该存在。若要制造蛋白质，你得把氨基酸（按照悠久的传统，我在这里应当将其称之为“生命的砌块”）按照特定的顺序来排列，就像你拼写一个单词必须把字母按照特定的顺序来排列一样。问题是那些以氨基酸字母组成的单词往往长得不得了。若要拼出“胶原蛋白”（一种普通蛋白质的名字）这个名字，你只需要以正确的顺序排列 8 个字母。若要制造胶原蛋白，你就得以绝对准确的顺序

排列 1055 个氨基酸分子。但是这是个明显而又关键的问题，你并不制造胶原蛋白。它会自发形成，无须你的指点，不可能性就从这里开始了。

坦率地说，1055 个氨基酸分子要自发排列成一个胶原蛋白这样的分子的概率是零，这种事情完全不可能发生。为了理解它的存在是多么不可能，请你想象一台拉斯韦加斯普通的老虎机，不过要把它大大地扩大一下。说得确切一点，扩大到大约 27 米，以便容纳得下 1055 个转轮，而不是通常的三四个，每个轮子上有 20 个符号（每一个代表一种普通的氨基酸）。你要拉多少次把手那 1055 个符号才会以合适的顺序排列起来？实际上，拉多少次都没有用。即使你把转轮的数目减少到 200 个，这其实是蛋白质分子所含的氨基酸分子的比较典型的数量，所有 200 个符号都按照特定的顺序来排列的概率是 10^{-260}。那个数字本身比宇宙里原子的总数还要大。

总之，蛋白质是十分复杂的实体。血红蛋白只有 146 个氨基酸分子长，按照蛋白质的标准只是个矮子，然而即使那样，氨基酸的排列方式也有 10^{190}种可能性。因此，剑桥大学的化学家马克斯·佩鲁茨花了 23 年时间才解开了这个谜。想要随随便便地制造哪怕是一个蛋白质分子也似乎是极不可能的，天文学家弗雷德·霍伊尔打了个精彩的比方，就像是一阵旋风掠过一个旧货栈，后面留下了一架装配完好的大型客机。

然而，我们在讨论的蛋白质有几十万种，也许是 100 万种，就我们所知，每一种都别具一格，与众不同，对于维持你的健康和幸福必不可少。我们就从这里接着往下讨论。为了被派上用场，一个蛋白质分子不但要把氨基酸分子按照合适的顺序排列起来，还要从事一种化学打褶工作，把自己叠成特定的形状。即使实现了这种复杂的结构，蛋白质分子对你依然没有用处，除非它能复制自己，而蛋白质分子不会。为了达到这个目的，你需要 DNA（脱氧核糖核酸）。DNA 是复制专家几秒钟就能复制一份自己，但除此之外没有别的本事。于是，我们处于一种自相矛盾的境地。蛋白质分子没有 DNA 就不能存在，DNA 没有蛋白质就无所事事。那么，我们是不是该认为，它们为了互相支持而同时产生呢？如果是的，那太好了！

还有，要是没有膜把 DNA、蛋白质和别的生命要素包裹起来，它们也不可能兴旺发达。原子或分子不会独立实现生命。从你身上取下一个原子，它像一粒沙那样没有生命。只有许多原子凑到一起，待在营养丰富的细胞里，这些不同的物质才能参加令人惊叹的舞会，我们称其为生命。没有细胞，它们只是有意思的化学物质。但要是没有这些化学物质，细胞就毫无用处。正如戴维斯所说：“要是一切都需要别的一切，分子社会最初是怎么

产生的？”这就好像你厨房里的各种原料不知怎的凑到一起，自己把自己烤成了蛋糕，这块蛋糕还会分裂，产生更多的蛋糕。所以，我们把生命称为奇迹，这是不足为怪的。我们才刚刚开始搞个明白，这也是不足为怪的。

那么，是什么促成这神奇的复杂结构呢？一种可能是，也许它并不那么神奇，就像乍一看来的那样。以那些不可思议的蛋白质分子为例，我们假设，我们所看到的奇迹般的排列，是在形成完毕以后才出现的。要是在那台大老虎机里，有的转轮可以受到控制，就像玩滚木球游戏的人可以控制几根大有希望的木柱一样，那会怎么样？换句话说，要是蛋白质不是一下子形成的，而是慢慢地演化的，那会怎么样？

请你想象一下，要是你把制造一个人的所有材料都拿出来，碳、氢、氧和水与一起放进一个容器，然后用力摇一摇，里面就走出来一个完整的人。那将会是不可思议的。那基本上就是霍伊尔和其他人（包括许多热心的特创论者）提出的。他们认为，蛋白质是一下子自发形成的。蛋白质不是这样形成。正如理查德·道金斯在《盲人钟表匠》一书中所说，肯定有某种日积月累的选择过程，使得氨基酸聚集成块状。两三个氨基酸分子也许为了某种简单的目的联结起来，一段时间以后撞在一起成为类似的小群体，在此过程中“发现”又有了某些改进。

这种与生命有关的化学反应实际上比比皆是。我们也许无法按照斯坦利·米勒和哈罗德·尤里的方式从实验室制造出来，但宇宙干这事儿很容易。大自然里许多分子聚在一起形成长长的链子，名叫聚合物。糖分子经常聚在一起成为淀粉。晶体会干许多栩栩如生的事——复制，对环境的刺激作出反应，呈现复杂的图案。当然，它们从来不制造生命本身，但它们反复展示，复杂的结构是一种自然、自发、完全可靠的事。整个宇宙里也许存在大量生命，也许不存在，但不乏有序的自发聚合。它存在于一切东西，从对称的雪花到土星的秀丽光环。

大自然聚合事物是如此干劲十足，许多科学家现在认为，生命比我们认为的还要不可避免，用比利时生物化学家、诺贝尔奖获得者克里斯蒂安·德迪夫的话来说：“只要哪里条件合适，物质的专性表现势必发生。”德迪夫认为，很有可能，这样的条件在每个星系里大约会遇到100 万次。

当然，在赋予我们生命的化学物质里，没有什么非常奇特的东西。要是你想制造另一个有生命的物体，无论是一条金鱼，一棵莴苣，还是一个人，你其实只需要4 种主要元素：碳、氢、氧和氮，加上少量几种别的东西，主要是硫、磷、钙和铁。把30 多种这类混合物放在一起，形成糖、酸

和其他的基本化合物，你就可以制造任何有生命的东西。正如道金斯所说："关于制造有生命的东西的物质，也没有什么特别的地方。有生命的东西是分子的组合，与其他一切东西没有两样。"

归根结底，生命是不可思议的，令人满意的，甚至可能是奇迹般的，但并不是完全不可能的，我们已经反复以我们自己的朴素存在证明了这一点。没错，有关生命起源的许多细节现在依然难以解释。你在书上读到过的有关生命所必需的条件，每种情况都包括了水——从达尔文认为的生命始发地"小水塘"，到现在最普遍认为的生命始发地冒着气泡的海洋喷气口。但他们都忽视了一个事实：把单体变成聚合体包含一种反应，即生物学上所谓的"脱水缩合"（换句话说，开始创造蛋白质）。正如一篇重要的生物学文章所说，说得也许有点儿令人不大舒服："研究人员一致认为，由于质量作用定律，在原始的大海里，实际上在任何含水的媒体里，这样的反应在能量方面是不大有利的。"这有点像把砂糖放进一杯水里，指望它结成一块方糖。这不该发生，但在自然界却不知怎的就发生了。这一切的化学过程到底怎么样，这个问题已经超出了本书的宗旨。我们只要知道这样的一点就够了：要是你弄湿了单体，单体就不会变成聚合体。情况怎么是这样发生，为什么会发生，而不是那样发生？这是生物学上一个没有回答的大问题。

近几十年来，地球科学方面有许多令人感到意外的发现。其中之一，发现在地球史早期就产生了生命。直到 20 世纪 50 年代，还认为生命的存在不超过 6 亿年。到了 70 年代，几位大胆的人士觉得也许在 25 亿年前已经有了生命。但是，如今确定的 38. 5 亿年确实早得令人吃惊。

"我们只能从这么快的速度推断，细菌级的生命在有合适的条件的行星上演化并不'困难'。"斯蒂芬・杰伊・古尔德 1996 年在《纽约时报》上说，他在别的场合也说过，我们不得不下个结论："生命一有可能就会产生，这是化学上势必会发生的事。"

实际上，生命出现得太快，有的权威人士认为这肯定有什么东西帮了忙——也许是帮了大忙。关于早期生命来自太空的观点已经存在很长时间，偶尔甚至使历史生辉。早在 1871 年，开尔文勋爵本人在英国科学促进协会的一次会议上也提出过这种可能性。他认为生命的种子可能是陨石带到地球上的。但是，这种看法一直不过是一种极端的观点，直到 1969 年 9 月的一个星期天。那天，成千上万的澳大利亚人吃惊地听到一连串轰隆隆的声音，只见一个火球从东到西划过天空。火球发出一种古怪的咯咯声，还留

下了一种气味，有的人认为像是甲基化酒精，有的人只是觉得难闻极了。

火球在默奇森上空爆炸，接着石块似雨点般地落下来，有的重达 5 千克以上。默奇森是个 600 人的小镇，位于墨尔本以北的古尔本峡谷。幸亏没有人受伤。那种陨石是罕见的，名叫碳质球粒陨石。镇上的人很热情地帮忙，捡了 90 千克左右回来。这个时间真是最合适不过。大约两个月以前，“阿波罗 11 号”刚刚回到地球，带回来一满袋子月球岩石，因此全世界的实验室都在焦急地等着要天外来的石头。

人们发现，默奇森陨石的年代已达 45 亿年，上面星星点点地布满着氨基酸，总共有 74 种之多，其中 8 种跟地球上形成的蛋白质有关。2001 年年底，在陨石坠落 30 多年以后，加利福尼亚的埃姆斯研究中心宣布，默奇森陨石里还含有一系列复杂的糖，名叫多羟基化合物。这类糖以前在地球之外是没有发现过的。

自 1969 年以来，又有几块碳质球粒陨石进入地球轨道，有一块于 2000 年 1 月坠落在加拿大育空地区的塔吉什湖附近，北美许多地方的人都亲眼目睹了那个景象，宇宙里实际上存在着丰富的有机化合物。现在认为，哈雷彗星上大约 25% 是有机分子。要是这类陨石经常坠落在一个合适的地方——比如地球，你就有了生命所需的基本元素。

胚种说的观点存在两个问题。第一，它没有回答生命是如何产生的这个问题，只是把责任推给了别的地方。第二，连胚种说的最受人尊敬的支持者有时候也到了猜测的地步。肯定可以说，这是很轻率的。DNA 结构的两个发现者之一弗朗西斯·克里克和他的同事莱斯利·奥格尔认为“聪明的外星人故意把生命的种子”播在了地球。格里宾称这个观点“处于科学地位的最边缘”换句话说，假如这个观点不是一位诺贝尔奖获得者提出的，人家会认为它简直荒唐透顶。我们已经在第三章里提到，弗雷德·霍伊尔和他的同事钱德拉·威克拉马辛格认为，外层空间不但给我们带来了生命，而且带来了许多疾病，如流感和腺鼠疫，这就进一步削弱了胚种说的影响。生物化学家们很容易驳斥那些观点。

无论是什么事导致了生命的开始，那种事只发生过一次。这是生物学上最非同寻常的事实，也许是我们所知道的最不寻常的事实。凡是有过生命的东西，无论是植物还是动物，它的始发点都可以追溯到同一种原始的抽动。在极其遥远的过去，在某个时刻，有一小囊化学物质躁动了一下，于是就有了生命。它吸收营养，轻轻地搏动几下，经历了短暂的存在。这么多情况也许以前发生过，也许发生过多次。但是，这位老祖宗干了另一

件非同寻常的事：它将自己一分为二，产生了一个后代。一小袋遗传物质从一个生命实体转移给了另一个生命实体，此后就这样延续下去，再也没有停止过，生物学家有时候将其称之为“大诞生”。

“无论你到世界的什么地方，无论你看到的是动物、植物、虫子还是难以名状的东西，只要它有生命，它就会使用同一部词典，知道同一个代码。所有的生命都是一家。”马特·里德利说。我们都是同一遗传戏法的结果。那种戏法一代一代地传下来，经历了差不多40 亿年，到了最后，你甚至可以学上一点人类遗传的知识，拼凑个错误百出的酵母细胞，真酵母细胞还会让它投入工作，仿佛它是自己的同类。在非常真实的意义上，它确实是它的同类。

生命的黎明摆在一位友好的同位素地球化学家办公室的书架上。她的名字叫维多利亚·贝内特。她的办公室位于堪培拉澳大利亚国立大学的地球科学系大楼。贝内特女士是美国人，根据一个为期两年的合同于 1989 年从加利福尼亚来到澳大利亚国立大学，此后一直留在那里。2001 年年底我去拜访她的时候，她递给我一块不起眼的又重又大的石头，它由带细条纹的白色石英和一种灰绿色的名叫斜辉石的材料组成。石头来自格陵兰的阿基利亚岛，1997 年，那个岛上发现了极其古老的岩石。那些岩石的年代已达 38. 5 亿年之久，代表了迄今为止发现过的最古老的海洋沉积物。

“我们没有把握，你手里拿着的玩意儿里过去是不是存在微生物。你非得将它敲碎了才能搞明白。”贝内特对我说，“但是，它来自过去掘到过最古老的生命的同一矿床，因此它里面很可能有过生命。”无论你怎么仔细搜寻，你也找不到真正的微生物化石。任何简单的生物都会在海洋污泥变成石头的过程中被烘烤没了。要是我们把岩石敲碎，放在显微镜下面细看，只会看到微生物残留的化学物质。二者一同表明，那块岩石里过去存在过生物的小天地。“至于那些生物是什么模样的，我们只能猜猜而已，”贝内特说，“它很可能是最基本的生命——不过，它毕竟也是生命。它活过，它繁殖过。”

最后，就到了我们这一代。

要是你打算钻进非常古老的岩石，澳大利亚国立大学长期以来是个首选的去处。这在很大程度上要归因于一位名叫比尔·康普斯顿的足智多谋的人。他现在已经退休，但在 20 世纪 70 年代建立了世界上第一台“灵敏高清晰度离子显微探测器”。这种仪器用来测定名叫锆石的微小矿石里铀的衰变率。锆石存在于除玄武岩以外的大多数岩石，寿命极长，能够挺过除

潜没以外的任何自然过程。绝大部分地壳已经在某个时刻滑回地球内部，但偶尔地质学家们会发现始终留在地表的岩石。康普斯森的仪器能以无与伦比的精确度测定这些岩石的年代。“小虾”的样品在地球科学系自己的车间里制造和定型，看上去是为了节省开支而用零件组装起来的，但效果相当不错。1982 年进行了第一次正式测试，测定了从澳大利亚西部取回来的一块迄今为止发现的最古老的岩石的年代，得出的结果是 43 亿年。

“用崭新的技术那么快就发现了那么重要的东西，”贝内特对我说，“这在当时引起了一阵轰动。”

她把我领进走廊，去看一眼目前的型号：“小虾 2 号”。那是一台又大又重的不锈钢仪器，也许有 3. 5 米长，1. 5 米高，坚固得像个深海探测器。来自新西兰坎特伯雷大学的鲍勃坐在前面的操纵台，目不转睛地望着荧光屏上一串串不停变化的数据。他对我说，他从凌晨 4 点起一直守在那里，现在才上午 9 点，他要值班到中午。“小虾 2 号”一天运转 24 小时，因为有那么多的岩石需要确定年代。要是你问两位地球化学家这工作是怎么进行的，他们会滔滔不绝地谈到丰富的同位素、离子化程度，等等，这些听上去很可爱，但不容易搞明白。然而，简单来说，他们通过用一串串带电的原子轰击样品，就能测定锆石样品中铅和铀含量的细微差别，从而精确地确定岩石的年代。鲍勃对我说，识读一块锆的数据大约要花 17 分钟；为了取得可靠的数据，每块锆石你得读上几十遍。实际上，这个过程似乎与分散进行有着差不多的工作量，差不多的刺激，就像去洗衣店那样。然而，鲍勃似乎很快活。实际上，从新西兰来的人似乎都很快活。

地球科学系的院子是个古怪的组合：部分是办公室，部分是实验室，部分是仪器间。“过去什么东西都在里面制造，”她说，“我们甚至有一名自己的吹玻璃工，不过他已经退休了。但我们仍有两名敲石头的正式工。”她发现我脸上露出有点吃惊的神色，“我们有大批的石头要敲。你不得不做非常仔细的准备工作，确保那些石头没有被先前的样品污染，上面没有灰尘，干干净净。这是个相当严谨的过程。”她指给我看几台碎石机。那些机器确实很干净，虽然两名碎石工显然是喝咖啡去了。碎石机旁边有几个大箱子，里面放着各种形状、各种大小的岩石，澳大利亚国立大学确实在处理大批的岩石。

我们转完以后回到贝内特的办公室，我注意到她的墙上挂着一幅宣传画，以艺术家的丰富想象力展示了看上去很像是 35 亿年前的地球。当时，生命才刚刚起步。那个古老的年代在地球科学上叫做太古代。该画表现了

一幅陌生的情景，上面有巨大的活火山，红得刺眼的天空，下面有一个冒着水蒸气的古铜色大海。前景的阴影里塞满了一种细菌寄生的岩石，名叫叠层石。它看上去不像是个很有希望产生和孕育生命的地方。我问她这幅画是否画得准确。

“哎呀，有个学派认为，当时其实很凉爽，因为太阳已经弱多了。

“那么，我们其实不知道当时的世界是什么模样的?”

“嗯。”她想了想，表示赞同。

“无论如何，反正对生命似乎不大有利。”

她和蔼地点了点头：“但是，肯定有适合于生命的东西，要不然我们不会来到这个世界上。”

那个环境肯定不适合于我们。要是你从一台时间机器里出来，踏进那个古老的太古代世界，你会马上缩回去，因为当时的地球上与今天的火星上一样没有供我们呼吸的空气。而且，地球上还充满从盐酸和硫酸中散发出来的毒气，强烈得足以腐蚀衣服和使皮肤起疱。地球上也不会有维多利亚·贝内特办公室里那幅宣传画上所描绘的那种干净而又鲜艳的景色。当时的大气里都是混浊的化学物质，阳光几乎射不到地面。你只能借助经常掠过的明亮的闪电，在短时间里看见有限的东西。总之，这是地球，但我们不会认出那是我们自己的地球。

在太古代的世界里，结婚周年纪念日是完全没有的。在 20 亿年时间里，细菌是唯一生命形式。它们活着，它们繁殖，它们数量增加，但没有表现出想发展到另一个更富挑战性的生存层面的特别倾向。在生命的头 10 亿年的某个时候，藻青菌，或称蓝绿藻，学会了利用大量存在的资源，排出了氧，在此过程中发明了光合作用。正如马古利斯和萨根指出的，“光合作用无疑是本星球的生命史上所创造的最重要的新陈代谢方法”。

随着藻青菌的增多，世界开始充满氧，发现氧是有毒物质的微生物深感吃惊，而在那个年代，那种微生物比比皆是。在一个厌氧的（或不使用氧的）世界里，氧是剧毒。我们的白细胞实际上就是用氧来杀死入侵的细菌。氧从根本上说是很毒的，我们听了往往会大吃一惊，因为许多人觉得呼吸氧是很舒服的事，但那只是因为我们已经逐步进化到了能利用氧。对于别的东西来说，它是一种可怕的东西。它使黄油变质，使铁生锈，连我们对氧的耐受力也是有限度的。我们细胞里的氧气浓度，只有大气里的大约 1/10。

新的会利用氧的细菌有两个优势。氧能提高产生能量的效力，它打垮

了与之竞争的微生物。有的撤退到厌氧而泥泞的沼泽和湖底世界里；有的也照此办理，但后来很久以后又移居到了你和我这样的有消化力的地方。有相当数量的这类原始实体此时此刻就生活在你的体内，帮助消化你的食物，但厌恶哪怕是一丁点儿的氧。还有无数的其他细菌没有适应能力，最后死亡了。

藻青菌逃跑并取得了成功。起初，它们所产生的额外的氧没有积聚在大气里，而是与铁化合，成为氧化铁，沉入了原始的海底。有几百万年的时间，世界真的生锈了，今天却为世界提供了那么多的铁矿石。在几千万年时间里，发生的情况比这多不了多少。要是你回到那个元古代初期的世界，你发现不了很多迹象，说明地球上未来的生命是很有前途的。也许，你在这里和那里隐蔽的水塘里会遇上薄薄的一层有生命的浮渣，或者在海边的岩石上会看到一层亮闪闪的绿色和褐色的东西，但除此之外生命依然毫无踪影。

但是，大约在 35 亿年以前，更加坚强的东西变得显而易见。只要那里的海水很浅，可见的结构就开始展现。在藻青菌完成惯常的化学过程的当儿，它们开始带有点儿黏性。那个黏性粘住了微小的灰尘和沙粒，一起形成了有点古怪而又坚固的结构，维多利亚·贝内特办公室墙上挂的画里就是这类东西。叠层石有各种形状、各种大小。叠层石有时候看上去像巨大的花椰菜，有时候又像毛茸茸的地垫（叠层石在希腊语里就是“地垫”的意思）；有时候，叠层石呈圆柱状，戳出水面几十米，偶尔高达 100 米。从各种表现形式来看，叠层石都是一种有生命的岩石。叠层岩代表了世界上第一个合作项目，有的种类的原始生物就生活在表面，有的就生活在下面，一方利用了另一方创造的条件，世界有了第一个生态系统。

多少年来，科学家是从化石结构了解叠层石的。但是，在 1961 年，他们在遥远的澳大利亚西北海岸的沙克湾发现了一个有生命的叠层石社会，着实吃了一惊。这完全是出乎意料的事，因此科学家们实际上过了几年才充分意识到自己的发现。然而，今天，沙克湾成了个旅游胜地，至少是一个不着边际的地方有可能成为的那种旅游胜地。用木板架成的人行道伸进了海湾，游客们可以在水的上方漫步，好好看一眼叠层石就在水面之下静静地呼吸。叠层石没有光泽，灰色，看上去很像大团的牛屎。但是，望着地球上 35 亿年前留下的生物，这是个令人眼花缭乱的时刻。正如理查德·福泰说的：“这确实是跨越时间的旅行。要是世界与它真正的奇迹合拍的话，这个景致会和吉萨的金字塔一样知名。”虽然你根本不会去猜，但这些

晦暗的岩石上充满了生命，据估计，每平方米岩石上生活着36亿个微生物。要是你看得仔细的话，有时候能看到一串串小气泡冒出水面，那是它们在释放氧气。在20亿年时间里，这种小小的努力使地球大气里的氧增加到了20%，为生命史的下一章也是更复杂的一章铺平了道路。

据认为，沙克湾里的叠层石也许是地球上进化最慢的生物，也肯定是现在最稀有的生物之一。在为更复杂的生命形式创造好条件以后，它们接着几乎在哪里都被别的生物挤出局，而那些别的生物的存在恰恰是它们使之成为可能（它们之所以存在于沙克湾，是因为那里的水对于通常会吃掉它们的生物来说含盐量太大）。

生命为什么花了很长时间才复杂起来？原因之一是，世界不得不等待，直到简单的生物已经在大气里充入了足够的氧。“生物们不会鼓足干劲来干这活儿。”福泰说。花了大约20亿年，即大约40%的地球历史，大气里氧的浓度才大体上达到了现在的水平。但是，一旦条件成熟，显然是在突然之间，一种崭新的细胞出现了，那个细胞里含有一个核和几个别的部分，统称“细胞器”（源自希腊语，意思是“小工具”）。据认为，该过程始于某个行为草率或敢于冒险的细菌。它不是受到了侵犯，就是被别的细菌俘虏。结果，双方都感到很满意。据认为，那个被俘的细菌变成了一个线粒体。这种线粒体入侵（生物学家喜欢将其称作“内共生事件”）使得复杂生命的出现成为可能（在植物方面，一次类似的入侵产生了叶绿体，使植物能进行光合作用）。

线粒体支配着氧，释放食物中的能量。没有这种很有用处的戏法，今天地球上的生命不过是生活在污泥里的一大堆简单的微生物。线粒体极小，一粒沙子的空间里可以装上10亿个线粒体，而且老是肚子饿，你吸收的营养到头来都喂了线粒体。

要是没有线粒体，我们2分钟也活不到。然而，即使过了10亿年，线粒体的表现显示，它们似乎依然认为我们之间的问题有可能解决不了。它们保持了自己的DNA、RNA（核糖核酸）和核蛋白体。它们与寄主细胞在不同的时候繁殖。它们看上去像细菌，像细菌那样分裂，有时候对抗菌素作出细菌会作出的那种反应。它们甚至不说寄主细胞说的那种基因语言。总之，它们老是把行李准备停当。这很像是你家里来了个陌生人，而这个陌生人已经在你的家里住了10亿年。

新的种类的细胞被称之为“真核细胞”（意思是“真具有核的”），与之相对的旧的种类的细胞被称之为“原核细胞”（意思是“在具有核之前

的”)。它们似乎突然出现在化石记录里。已知的最古老的真核细胞，即所谓的卷曲藻，是 1992 年在密歇根州的铁沉积物中发现的。这种化石只发现过一次，接着在 5 亿年中杳无踪影。

地球已经朝着真正有意思的行星迈出了第一步。与新的真核细胞相比，旧的原核细胞不过是“几囊化学物质”。真核细胞比它们比较简单的堂兄弟要大——最后要大 1 万倍，能够多带 1000 倍的 DNA。由于这些突破，生命渐渐变得复杂，结果创造了两种生物：排斥氧的（比如植物）和接受氧的（比如你和我）。

单细胞的真核细胞一度被称做原生动物（意思是“动物之前”），但那个名称越来越遭人鄙弃。今天，它们通常被叫做“原生生物”。与之前的细菌相比，原生生物在模式上和复杂程度上都是个奇迹。简单的变形虫只有一个细胞大，除了生存没有别的雄心壮志，但在它的 DNA 中包含着 4 亿条遗传信息，正如卡尔・萨根指出的，足以写出 80 本 500 页的书。

最后，真核细胞学会了一种更加独特的把戏。这花去了很长时间——10 亿年左右，但它们一旦成为专家，那还是个挺不错的把戏。它们学会了结合在一起，形成复杂得多细胞生物。由于这项新的发明，像我们这样大而复杂的、可见的实体终于成为可能。地球这颗行星已经准备好进入下一个雄心勃勃的阶段。

但是，在为此感到过分激动之前，应该记住，我们将会看到，世界仍然是小生物的世界。

第十四章　小生物的世界

要是你对身边的微生物过于在意，这很可能不是个好习惯。法国大化学家、微生物学家路易·巴斯德对他身边的微生物如此小心，连放到面前的每盆菜肴都要用放大镜仔细看一眼。由于他的这种习惯，很多人有可能不会再邀请他吃饭。

实际上，你也无须回避细菌，因为你的身上和周围总是有很多细菌，多得简直无法想象。即使你身体很健康，而且总的来说很注意卫生，也大约有一万亿个细菌在你的皮肤上进食，每平方厘米上有 10 万个左右。它们在那里吃掉 100 亿片左右你每天脱落的皮屑，再加上从每个毛孔和组织里流出来的味道不错的油脂，以及强身壮体的矿物质。你是它们举行冷餐会的场所，还具有暖暖和和、不停地移动的便利条件，为了表示感激，它们给你体臭。

上面说的只是寄生在你皮肤上的细菌。还有几万亿个细菌钻进你的肠胃里和鼻孔里，粘在你的头发和睫毛上，在你的眼睛表面游泳，在你的牙龈上打孔。光你的消化系统就是 10^{14} 个以上细菌的寄主，至少有 400 多个品种。有的分解糖，有的处理淀粉，有的向别的细菌发起攻击。许多细菌没有明显的作用，比如无处不在的肠内螺旋体。它们似乎只是喜欢跟你在一起。每个人体大约由 10^{16} 个细胞组成，但它却是大约 10^{17} 个细菌细胞的寄主。总而言之，细菌是我们的一个很大的组成部分。当然，从细菌的角度来看，我们只是它们的一个很小的组成部分。

我们人类个儿大又聪明，能生产使用抗生素和杀菌剂，因此很容易认为自己快要把细菌灭绝了。别相信那种看法，细菌也许不会建立城市，不会过有意思的社交生活，但它们到太阳爆炸的时候还会在这里。这是它们的行星，我们之所以在这里，是因为它们允许我们在这里。

千万不要忘记，细菌已经在没有我们的情况下生活了几十亿年。而要是没有它们，我们一天也活不下去。它们处理我们的废料，使其重新有用；没有它们的辛勤咀嚼，什么也不会腐烂。它们纯洁我们的水源，使我们的土壤具有生产力，它们合成我们肠胃中的维生素，将我们吃进去的东西变成有用的糖和多糖，向溜进我们肠胃系统的外来细菌开战。

我们完全依靠细菌来采集空气里的氮，将氮转化为对我们有用的核苷酸和氨基酸。这是个令人惊叹而又让人满意的业绩。正如马古利斯和萨根

指出的，在工业上要干同样的事（比如在生产肥料的时候），工厂必须把原材料加热到500℃，挤压到300倍于普通的大气压。而细菌一直在不慌不忙地干这件事。谢天谢地，要是没有它们来传送氮，大的生物就活不下去。尤其重要的是，细菌们不断为我们提供我们所呼吸的空气并使大气保持稳定。包括现代型的藻青菌在内的细菌，提供了地球上供呼吸用的大部分氧。海藻和海里的其他微生物每年大约吐出1500亿立方千米那种气体。

而且，细菌的繁殖力极强。其中劲头大的在不到10分钟里便能产生新的一代；那种引起坏疽的讨厌的小生物“产气荚膜梭菌”在9分钟里就可以繁殖，接着又马上开始分裂。以这种速度，从理论上说，一个细菌两天内产生的后代比宇宙里的质子还多。据比利时生物化学家、诺贝尔奖获得者克里斯琴·德迪夫说：“要是给予充分的营养，一个细菌细胞在一天之内可以产生280万亿个个体。”而在同样的时间里，人的细胞大约只能分裂一次。

大约每分裂100万次，便会产生一个突变体。这对突变体来说通常是很不幸的，变化总是蕴藏着危险，一个新的细菌会碰巧具有某种优势，比如摆脱或抵御抗生素的能力。有了这种能力，另一种更加吓人的优势会很快产生。细菌能共享信息，任何细菌都能从任何别的细菌那里接到几条遗传密码。正如马古利斯和萨根所说，实际上，所有的细菌都在同一基因池里游泳。在细菌的宇宙里，一个区域发生的适应性变化，很快会扩展到任何别的区域。这就好像人可以从昆虫那里获得长出翅膀或在天花板上行走所必需的遗传密码一样。从遗传角度来看，这意味着细菌已经成为一种超级生物又小，又分散，但又不可战胜。

无论你吐出、滴下或泼出任何东西，细菌几乎都能在上面生活和繁殖。你只要给它们一点儿水汽它们就能滋生，仿佛从无到有。它们会侵蚀木头、墙纸里的胶水、干漆里的金属。澳大利亚科学家发现，有一种名叫蚀固硫杆菌的细菌生活在浓度高得足以溶解金属的硫酸里——实际上，它们离开了浓硫酸就活不成。据发现，有一种名叫嗜放射微球菌的细菌在核反应堆的废罐里过得怪舒服的，吃着钚和别的残留物过日子。有的细菌分解化学物质，而据我们所知，它们从中捞不到一点儿好处。

我们还发现，细菌生活在沸腾的泥潭里和烧碱池里、岩石深处、大海底部、南极洲麦克默多干燥谷隐蔽的冰水池里，以及太平洋的11千米深处——那里的压力比海面上高出1000多倍，相当于被压在50架大型喷气客机底下。有的细菌似乎真的是杀不死的。据美国《经济学家》杂志说，嗜

放射微球菌“几乎不受放射作用的影响”。要是你用放射线轰击它的 DNA，那些碎片几乎会立即重新组合，“就像恐怖电影里一个不死的人到处乱飞的四肢那样”。

迄今为止发现的生存能力最强的也许要算是链球菌。它在摄影机封闭的镜头里在月球上停留了两年仍能恢复生机。总而言之，很少有什么环境是细菌生存不下去的。维多利亚·贝内特对我说：“他们发现，当把探测器伸进灼热的海底喷气孔里，连探测器都快熔化的时候，那里也还有细菌。”

20 世纪 20 年代，芝加哥大学的两位科学家埃德森·巴斯廷和弗兰克·格里尔宣布，他们已经把一直生活在 600 米深处的油井里的细菌分离出来。这个观点被认为压根儿是荒唐的——600 米深处没有东西能活下去——在 50 年时间里，大家一直认为他们的样品受到了地面细菌的污染。我们现在知道了，有大量微生物生活在地球内部的深处，其中许多与普通的有机世界毫无关系。它们吃的是岩石，说得更确切一点儿，岩石里的东西——铁，硫，锰等。它们吸入的也是怪东西——铁，铬，钴，甚至铀。这样的过程也许对浓缩金、铜等贵重金属，很可能还对石油和天然气的贮存起了作用。甚至还有人认为，通过这样不知疲倦地慢咬细嚼，它们还创建了地壳。

现在有的科学家认为，生活在我们脚底下的细菌很可能多达 100 万亿吨，那个地方被称之为“地表下的岩石自养微生物生态系统”——英文缩写是 SLIME。美国康奈尔大学的托马斯·戈尔德估计，要是你把地球内部的细菌统统取出来堆在地球表面，那么就可以把这颗行星埋在 15 米深处。如果这个估计是正确的话，地球底下的生命有可能比地球表面的还要多。

在地球深处，微生物个儿微小，极其懒怠。最活泼的也许一个世纪分裂不到一次，有的也许 500 年分裂不到一次。正如《经济学家》杂志所说：“长寿的关键似乎在于无所事事。”当情况相当恶劣时，细菌们就关闭所有系统，等待好的年景。1997 年，科学家们成功地激活了已经在挪威特隆赫姆博物馆休眠了 80 年之久的一些炭疽细胞。有一听 118 年的陈年肉罐头和一瓶 166 年的陈年啤酒，刚一打开，有的微生物就一下子活了过来。1996 年，俄罗斯科学院的科学家们声称，他们使在西伯利亚永久冻土里冻结了 300 万年的细菌恢复了生机。迄今为止，耐久力最长的纪录，是 2000 年由宾夕法尼亚州西切斯特大学的拉塞尔·弗里兰和他的同事们宣布的，他们声称使 2.5 亿岁的细菌苏醒了过来。那种细菌名叫“二叠纪芽孢杆菌”，一直困在新墨西哥州卡尔斯巴德地下 600 米深处的盐层里。果真如此的话，

这种微生物比大陆还要古老。

那个报告受到一些人的怀疑，这是可以理解的。许多生物化学家认为，在那么长的时间里，细菌的成分会退化，从而失去作用，除非细菌不时自我苏醒过来。然而，即使细菌真的不时苏醒，体内的能源也不可能持续那么长的时间。怀疑更深的科学家们认为，样品也许已经受到污染，如果不是在收集的过程中被污染的，那么也许是埋在地下的时候被污染的。2001年，以色列特拉维夫大学的一个小组认为，二叠纪芽孢杆菌与一种现代的细菌几乎相同。那种细菌名叫原古芽孢杆菌，是在死海里发现的。两者之间只有两种基因顺序不同，而且也只是稍稍不同。

“我们该不该相信，”以色列研究人员写道，“二叠纪芽孢杆菌在2.5亿年里积累的基因变化之量，在实验室只要花3～7天时间就能完成?”弗里兰的回答是:“细菌在实验室里要比在野地里进化得快。”

也许如此。

直到空间时代，大多数学校的教材仍然把生物世界分为两类——植物和动物。这是不可思议的。微生物极少被置于显著地位。变形虫和类似的单细胞生物被看做是原始动物，海藻被看做是原始植物。细菌还常常与植物混在一起，尽管大家都知道细菌不是植物。早在19世纪末，德国博物学家厄恩斯特·海克尔已经提出，细菌应该归于一个单独的界，他把它称之为“原核生物”。但是，直到20世纪60年代，那个观点才被生物学家们接受，而且也只是被有的生物学家接受（我注意到，1969年出版的袖珍《美语词典》里没有承认这个名称）。

传统的分类法也不大适用于可见世界里的许多微生物。真菌这个群涵盖了蘑菇、霉、霉菌、酵母和马勃菌，几乎总是被看做是植物体，而实际上，它们身上几乎没有任何特点是与植物界相吻合的。从结构上说，它们与动物有着更多的共同点，因为它们是用几丁质构建自己的细胞的。那种材料使其质地与众不同。昆虫的外壳和哺乳动物的爪子都是由那种材料构成的，虽然鹿角锹甲的味道远不如蘑菇那么鲜美。尤其，真菌不像所有的植物那样会产生光合作用，所以它们没有叶绿素，因此不是绿色的。恰恰相反，它们是直接吃东西长大的。它们几乎什么东西都吃。真菌会侵蚀混凝土墙上的硫或你脚趾间的腐败物质——这两件事植物都干不了。它们差不多只有一种植物特性，那就是它们有根。

那种分类法更不适用于一种特殊的微生物群，那种微生物过去被叫做黏菌，现在更常常被称之为黏性杆菌。它们的默默无闻无疑与这个名字有

关。要是那个名字听上去更有活力，比如，“流动自我激活原生质”，那种非同寻常的实体几乎肯定会马上受到应该受到的那份重视，因为黏性杆菌无疑属于自然界最有意思的微生物。当年景好的时候，它们以单细胞的形式独立存在，很像是变形虫；而当条件变得恶劣的时候，它们就爬着集中到一个中心地方，几乎奇迹般地变成了一条蛞蝓。那条蛞蝓看上去并不漂亮，也移动不了多远，处于比较暴露的位置，这很可能一直是宇宙中最绝妙的把戏。

事情并不到此为止。黏性杆菌爬到上面一个比较有利的位置以后，再一次变换自己的面目，呈现出了植物的形态。通过某种奇妙而有序的过程，那些细胞改变了外形，就像一支行进中的小乐队那样，伸出了一根梗，顶上形成了一个花蕾，名叫“子实体”。子实体里面有几百万个孢子。到了适当的时刻，那些孢子随风而去，成为单细胞微生物，从而开始重复这一过程。

多年来，黏性杆菌被动物学家们称之为“原生动物”，被真菌学家们称之为“真菌”，虽然大多数人都可以明白，它们其实不属于任何哪个群。发明基因检测法以后，实验室人员吃惊地发现，黏性杆菌如此与众不同，无比奇特，与自然界的任何别的东西都没有直接关系，有时候连互相之间也毫无关系。

1969 年，为了整理一下越来越显得不足的分类法，康奈尔大学一位名叫魏泰克的生态学家在《科学》杂志上提出了一个建议，把生物分成五个主要部分——动物界、植物界、真菌界、原生生物界和原核生物界。原生生物界原先是由苏格兰生物学家约翰·霍格提出来的，用来描述非植物、非动物的任何生物。

虽然魏泰克的新方案是个很大的改进，但原生生物界的含义仍没有明确界定。有的分类学家把这个名称保留起来指大的单细胞微生物，但有的把它当做生物学放单只袜子的抽屉，把任何归在哪里都不合适的东西塞到里面，其中包括（取决于你查阅的是什么资料）黏性杆菌、变形虫，甚至海藻。据有人计算，它总共包括了多达 20 万种不同的生物。那可是一大堆单只袜子呀。

具有讽刺意味的是，正当魏泰克的五界分类法开始被写进教材的时候，伊利诺伊大学一位脚踏实地的学者即将完成一个发现。这项发现将向一切提出挑战。他的名字叫卡尔·沃斯，自 20 世纪 60 年代以来，早在有可能办这种事的时候，他一直在默默地研究细菌的遗传连贯性。早年，这是个

极费力气的过程，研究一个细菌就可能一下子花掉一年时间。据沃斯说，那个时候，已知的细菌只有大约500种，这比你嘴巴里的细菌种类还要少。今天，这个数字大约是那个数字的10倍，虽然还远远比不上26900种海藻、70000种真菌和30800种变形虫，以及相关的微生物。生物学的编年史上都记载着它们的故事。

细菌总数那么少，并不完全是因为人们对它们不重视。细菌的分离和研究工作有可能是极其困难的，只有大约1%能通过培养繁殖。考虑到它们在自然环境里强大的适应能力，有个地方它们似乎不愿意去生活，这是很怪的，那就是在皮氏培养皿里。要是你把细菌扔在琼脂培养基上，无论你怎么爱抚它们，其中大多数就躺在那里，怎么也不肯繁殖。任何在实验室里繁殖的细菌都只能说是个例外，而这一些几乎全都是微生物学家们研究的对象。沃斯说，这就“好像是一面在参观动物园，一面在了解动物”。

然而，由于基因的发现，沃斯可以从另一个角度去研究微生物。他在研究过程中意识到，微生物世界可以划分成更多的基本部分。许多小生物看上去像细菌，表现得像细菌，实际上完全是另一类东西，那类东西很久以前已经从细菌中分离出去，沃斯把这种微生物叫做原始细菌。

不得不说，原始细菌区别于细菌的特性只会令生物学家感到激动。这些特性大多体现在脂质的不同，还缺少一种名叫肽聚糖的东西。而实际上，这就构成了天壤之别。原始细菌对于细菌，比你和我对于螃蟹或蜘蛛还要不同。沃斯独自一人发现了一种未知的基本生命种类。它高于“界”的层面，位于被相当尊敬地称之为世界生命树之巅的地方。

1976年，他重绘了生命树，包括了不是5个而是23个主要“部”，令世界大吃一惊。他把这些部归在他称之为“域”的3个新的主要类别下面——细菌、原始细菌和真核细胞。新的安排是这样的——细菌：藻青菌、紫色细菌、革兰氏阳性细菌、绿色非硫细菌、黄杆菌和栖热袍菌等；原始细菌：喜盐原始细菌、甲烷八叠球菌、甲烷杆菌、甲烷球菌、势变形杆菌和热网菌等；真核细胞：小孢子虫、毛滴虫、鞭毛虫、内变形虫、黏性杆菌、纤毛虫、植物、真菌和动物等。

沃斯的新的分类法在生物学界没有引起轰动。有的人对他的体系不屑一顾，认为它过分偏向于微生物。许多人完全不予理睬。据弗朗西斯·阿什克拉夫特说，沃斯“感到极其失望”。但是，他的新方案渐渐开始被微生物学家们接受。植物学家和动物学家要过长得多的时间才看到它的优点。原因不难明白，按照沃斯的模式，植物界和动物界都被挂在真核细胞这根

主枝最外缘一根分枝的几根小枝上。除此以外，别的一切都属于单细胞生物。

“这些人向来就是完全按照形态上的异同来进行分类的，”沃斯 1966 年在接受采访时说，“对许多人来说，按照分子顺序来分类的观点是不大容易接受的。”总而言之，要是他们不亲眼看到有什么不同之处，他们就不会喜欢。因此，他们坚持比较普通的五界分类法。对于这种安排，沃斯在脾气好的时候说是“不大有用”，更经常说是“完全把人引入歧途”。“像之前的物理学一样，”沃斯写道，“生物学已经发展到一个水平，有关的物体及其相互作用往往不是通过直接观察所能看到的。”

1998 年，哈佛大学伟大的动物学家厄恩斯特·迈尔（他当时已经 94 岁高龄，依然身强力壮）更是唯恐天下不乱，宣称生命只要分成两大类，即他所谓的“帝国”。迈尔在《国家科学院公报》上发表的一篇论文中说，沃斯的发现很有意思，但绝对是错误的，并指出，“沃斯没有接受过当生物学家的训练，对分类原则不大熟悉，这是很自然的”。一位杰出的科学家对别人发表这样的一番评论，差不多是在说，那个人简直不知道自己在说些什么。

迈尔的评论的具体内容技术性很强，其中包括什么减数分裂性行为呀，什么亨宁进化枝呀，什么对嗜热碱甲烷杆菌的基因组有争议的解释呀，但从根本上说，他认为沃斯的安排使生命树失去了平衡。迈尔指出，微生物界只由几千种组成，而原始细胞只有 175 种已经命名的样本，也许还有几千种未被发现，但不大会多于那个数字。而真核细胞界，像我们这种有具核的细胞的复杂生物，已经多达几百万种。鉴于“平衡原则”，迈尔主张把简单的微生物归于一类，叫做“原核生物”，而把其余比较复杂的、“高度进化的”生物归于“真核生物”，与原核生物处于同等地位。换句话说，他主张大体上维持以前的分类法。简单细胞和复杂细胞的区别在于“生物界的重大突破”。

如果说我们从沃斯的新安排中学到了什么，那就是：生命确实是多种多样的，而大多数都是我们所不熟悉的单细胞小生物。人们自然会不由自主地想到，进化是个不断完善的漫长过程，一个朝着更大、更复杂的方向，一句话，朝着形成我们的方向永远前进的过程。我们是在自己奉承自己。在进化过程中，实际差异在大多数情况下向来是很小的。出现我们这样的大家伙完全是一种侥幸。在 23 种主要生命形式中，只有 3 种——植物、动物和真菌——大到人的肉眼能看得见的程度。即使在它们中间，有的种类

也是极小的。据沃斯说，即使你把植物的全部生物量加起来，微生物至少要占总数的 80%，也许还多。世界属于很小的生物，很长时间以来一直如此。

因此，到了生命的某个时刻，你势必会问，微生物为什么那样经常地想要伤害我们？把我们弄得发烧，或发冷，或满身长疮，或最后死掉，对微生物来说到底会有什么好处？毕竟，一个死去的寄主不大能提供长期而适宜的环境。

首先，我们应当记住，大部分微生物对人体健康是无害的，甚至是有益的。地球上最具传染性的生物，一种名叫沃尔巴克体的细菌，根本不伤害人类，或者可以说根本不伤害任何别的脊椎动物，不过，要是你是个小虾、蠕虫或果蝇，你会但愿自己真没有被生出来。据《国家地理杂志》说，总的来说，大约每 1000 种微生物当中，只有一种是对人类致病的，虽然我们知道其中还会有一些能干坏事，情有可原地这么认为就够了。即使大多数微生物是无害的，微生物仍是西方世界的第三杀手，虽然许多不要我们的命，但也弄得我们深深地后悔来到这个世界上。

把寄主弄得很不舒服，对微生物是有某些好处的。病症往往有利于传播细菌。呕吐、打喷嚏和腹泻是细菌离开一个寄主，准备入住另一寄主的好办法。最有效的方法是找个移动的第三者帮忙。传染性微生物喜欢蚊子，因为蚊子的螯针可以把它们直接送进流动的血液，趁受害者的防御系统尚未搞清受到什么攻击之前，它们可以马上着手干活。因此，许多 A 级疾病：疟疾、黄热病、登革热、脑炎，以及 100 多种其他不大著名而往往又很严重的疾病，都是以被蚊子叮咬开始的。对我们来说，很侥幸的是，艾滋病的介体——人体免疫缺陷病毒，不在其中，至少目前还不在其中。蚊子在叮咬过程中吸入的人体免疫缺陷病毒被蚊子自身的代谢作用分解了。如果哪一天那种病毒设法战胜了这一点，我们可真的要遭殃了。

然而，要是从逻辑的角度把事情想得过于细致入微，那是错误的，因为微生物显然不是很有心计的实体。它们不在乎自己对你干了些什么，就像你不在乎你用肥皂淋个浴或擦一遍除臭剂杀掉了几百万个微生物会对它们造成了什么样的痛苦一样。对病原菌来说，在它把你彻底干掉的时候，顾及它自己的继续安康也是很重要的。要是它们在消灭你之前没能转移到另一个寄主，它们很可能自己会死掉。贾里德·戴蒙德指出，历史上有许许多多疾病，这些疾病“一度可怕地到处传播，然后又像神秘地出现那样神秘地消失了”。他举了厉害而幸亏短暂的汗热病，那种病在 1485—1552

年间流行于英国，致使成千上万人丧了命，然后也烧死了病菌自己。对于任何传染病菌来说，效率太高不是一件好事情。

大量的疾病不是因为微生物对你的作用而引起，却是因为你的身体想要对微生物产生作用而引起的。为了使你的身体摆脱病原菌，你的免疫系统有时候摧毁了细胞，或破坏了重要的组织。因此，当你身体不舒服的时候，你感觉到的往往不是病原菌，而是你自己的免疫系统产生的反应。生病正是对感染的一种能感觉到的反应。病人躺在病床上，因此减少了对更多人的威胁。

由于外界有许多东西可能会伤害你，因此你的身体拥有大量各种各样的白细胞，总共大约有 1000 万种之多，每一种的职责分别是识别和消灭某种特定的入侵者。要同时维持 1000 万支不同的常备军，那是不可能的，也是无效率的，因此每种白细胞只留下几名哨兵在服现役。一旦哪个传染性介体前来侵犯，有关的哨兵认出了入侵者，便向自己的援军发出请求。当你的身体制造那种部队的时候，你就可能会觉得很不舒服。而当那支部队终于投入战斗的时候，康复就开始了。

白细胞是毫不留情的，会追击每个被发现的病原菌，直到把它们最后消灭。为了避免覆灭的命运，进攻者已经具有两种基本的策略。它们要么快速进攻，然后转移到一个新的寄主，就像感冒这样常见的传染病那样；要么乔装打扮，使白细胞无法识别自己，就像导致艾滋病的人体免疫缺陷病毒那样。那种病毒可以在细胞核里无害地停留几年而不被发觉，然后突然之间投入行动。

感染有许多古怪的方面。其中之一是，有些在正常情况下完全无害的微生物，有时候会进入人体本来不该它们去的部分，这种情况总是出现在发生了车祸，有人受了内伤的时候。通常情况下肠胃里面无害的微生物就会进入身体的其他部分，产生严重的破坏作用。

眼下，最罕见的也是最无法控制的细菌引起的疾病，是一种会导致坏死病的筋膜炎。细菌吞噬内部组织，留下一种糨糊状的有毒残渣，实际上把病人从里到外吃掉。起初，病人往往只是稍有不舒服，通常是身上出疹，皮肤发热，但接着就急剧恶化，打开一看，往往发现病人正被完全吃掉。唯一的治疗办法是所谓的“彻底切除手术”，即把所有的感染部位全部切除。70% 的病人死亡，许多幸存者最后严重毁形。感染原是一种名叫 A 群链球菌的普通细菌家族，通常不过引起链球菌咽喉炎。在极少情况下，由于不明原因，这类细菌有的会钻进咽喉壁里，进入人体本身，造成最严重

的破坏作用。它们完全能抵御抗生素。这种情况美国每年发生大约1000例，谁也说不准情况是不是会变得更严重。

脑膜炎的情况完全一样。至少有10%的年轻人和30%的少年携带着致命的脑膜炎球菌，但脑膜炎球菌完全无害地生活在咽喉里。在非常偶然的情况下脑膜炎球菌会进入血液，害得他们生大病。在最严重的情况下，人可以在12小时内死亡，速度是极快的。“一个人吃早饭时还是好好的，到晚上就死了。”马什说。

要是我们不是那样滥用对付细菌的最佳武器：抗生素，我们本来会取得更大的胜利。值得注意的是，据一项估计，在发达世界使用的抗生素当中，有大约70%往往经常用于饲料中，只是为了促进生长或作为对付感染的预防措施。因此，细菌就有了一切机会来产生抗药性，它们劲头十足地抓住这样的机会。

1952年，青霉素用来对付各种葡萄球菌完全有效，以致美国卫生局局长威廉·斯图尔特在20世纪60年代初敢说：“现在是该结束传染病时代的时候了。我们美国已经基本上消灭了传染病。”然而，即使在他说这番话的时候，大约有90%的这类病菌已经在对青霉素产生抗药性。过不多久，一种名叫抗甲氧苯青霉素葡萄球菌的新品种葡萄球菌开始在医院里出现，只有一种抗生素：万古霉素，用来对付它还有效果。但1997年东京有一家医院报告说，葡萄球菌出现了一个新品种，对那种药也有抗药性。不出几个月，那种葡萄球菌已经传播到6家别的日本医院。在世界各地，微生物又开始赢得了这场战争的胜利：光在美国的医院里，每年大约有14000人死于在当地感染的传染病。詹姆斯·苏罗威基在《纽约客》杂志的一篇文章里指出，要是让制药公司在研制每天都服、连服两周的抗生素和永远每天都服的抗抑郁药之间作出选择，制药公司会选择后者，这是不足为怪的。虽然有几种抗生素被强化了一点儿，但自20世纪70年代以来，制药工业还没有向我们提供过一种全新的抗生素。

我们发现，许多别的疾病很可能是由细菌引起的，因此我们的马虎草率态度更是显得令人吃惊，这个发现过程始于1983年。当时，西澳大利亚州珀斯的巴里·马歇尔医生发现，许多胃癌和大多数胃溃疡为一种名叫幽门螺旋杆菌的细菌所致。虽然他的发现结果很容易得到鉴定，但那种观点是如此激进，过了十多年才被大家接受。例如，美国国家卫生研究所到了1994年才正式接受那种看法。“成百甚至成千的人可能死于溃疡，而他们本来是不会死的。”马歇尔1999年对《福布斯》杂志的一名记者说。

自那以来，进一步的研究表明，在所有别的疾病，包括心脏病、哮喘、关节炎、多发性硬化、几种精神病、多种癌症，甚至有人提出（在《科学》杂志上是这样写的）糖尿病中，都有或很可能有某种细菌的份儿。我们迫切需要而又弄不到一种有效的抗生素的日子也许已经为期不远。

我们知道细菌本身也会得病，这也许是个稍稍的安慰。它们有时候会被一种名叫噬菌体的病毒所侵染。病毒是一种古怪而又讨厌的实体，用诺贝尔奖获得者彼得·梅达沃的话来说是“身边都是坏消息的一点儿核酸”。病毒比细菌还小，还简单，本身没有生命。在孤立状态中，病毒是中性的，没有害处。但是，要是进入一个适当的寄主，它们就马上忙个不停。已知的病毒大约有 5000 种，它们致使我们患好几百种疾病，从流行性感冒和普通感冒，到对人类健康极其有害的疾病：天花、狂犬病、黄热病、伊波拉病、脊髓灰质炎和艾滋病。

病毒掠夺活细胞的基因材料，用来制造更多的病毒，从而大量生长。它们以疯狂的形式繁殖，接着拼命寻找更多的细胞作为入侵对象。由于它们本身不是生物，所以它们可以保持非常简单的形态。包括人体免疫缺陷病毒在内的许多病毒只有 10 个或更少的基因，而连最简单的细菌也要有几千个。它们还小不可言，用普通的显微镜根本看不到。直到 1943 年发明了电子显微镜，科学家才首次见到了它们。但是，它们可以起巨大的破坏作用。据估计，20 世纪光死于天花的人就达 3 亿。

病毒还具有一种令人吃惊的本事，能以某种新的形式突然在世界上出现，然后像很快出现那样再次很快消失。举个有关的例子，1916 年，欧洲和美洲有些人开始患上一种古怪的昏睡病，后来被称之为“昏睡性脑炎”。病人睡过去，自己醒不过来，他们很容易被唤醒，起来进食或上厕所，还能理智地回答问题，在什么地方，虽然他们的样子总是很漠然。然而，一旦你让他们去休息，他们便马上会再次陷入昏睡，长时间保持那种状态。有的几个月内处于那种状态，然后死去。极少的人幸免于难，恢复了知觉，但不再像以往那样充满活力。他们处于没精打采的状态，用一位医生的话来说，“犹如一座座死火山”。这种病在 10 年时间里致使大约 500 万人死亡，然后悄悄地消失了。它没有引起太久的重视，因为同时另一种更可怕的流行病正在世界各地传播。

那种病有时候被称之为“猪大流感”，有时候被称之为“西班牙大流感”，但无论如何是很凶猛的。第一次世界大战在 4 年内使 2100 万人丧生；

猪大流感在头 4 个月里就造成了同样的结果。第一次世界大战期间，在美军的伤亡人数中，差不多 80% 不是敌人的炮火而是流感造成的，有的部队死亡率高达 80% 。

1918 年春天，猪大流感以一种不致命的普通流感的症状出现，然而在随后的几个月里，不知怎的那种疾病变得严重起来。1/5 的病人只有很轻的症状，但其余的病得很重，许多人死亡。有的在几个小时里就倒下了；有的只坚持了几天。

据记载，美国的第一批死者是波士顿的海员，那是在 1918 年 8 月末。流行病很快就传播到全国各地，学校停课，公共娱乐场所关门，人们都戴着口罩。这么做没有起多大作用，1918 年秋天到次年春天，美国有 548452 人死于流感，英国的死亡人数达到 22 万，法国和德国的数字也差不多。谁也不清楚全球的死亡人数到底是多少，因为第三世界的记录往往很不完整，但不会少于 2000 万，更可能是 5000 万，还有人估计，全球的死亡人数高达 1 亿。

为了研制一种疫苗，医疗当局在波士顿港鹿岛上的一所军事监狱对志愿者进行试验，要是犯人能从一系列的试验中挺过来，就保证他们获得赦免。这些试验少说也是很严酷的。首先，从死者身上取下感染的肺组织注射到试验对象的身上，然后用传染性的气雾剂喷在他们的眼睛里、鼻子里和嘴里；要是他们仍没有倒下去，就从病人和临终病人身上直接取来排泄物，抹在他们的咽喉里；要是所有别的办法都告失败，就要求他们张开嘴巴坐着，同时让重病人稍稍坐起身来，朝着他们的脸咳嗽。

从总共 300 名志愿做试验的男犯人当中，医生们挑选了 62 人。没有人感染流感。唯一病倒的是病室医生，他很快就死了。原因很可能是，流感在几个星期前已经通过监狱，那些志愿者都已从那次侵袭中挺过来，因此有了一种自然免疫力。

对于 1918 年的那场流感，人们了解甚少，或者根本不了解。在由海洋、山脉和其他天然屏障阻隔的许多地方，流感为什么突然到处爆发，这是一个谜。在寄主身体之外，病毒只能存活几个小时，它怎么会同一个星期在马德里、孟买和费城同时出现？

答案很可能是，它是由人培养和传播的，他们只有轻微的症状或毫无症状。即使在正常爆发的时刻，在任何特定的人口当中，有大约 10% 的人患有流感而又没有察觉，因为他们没有不舒服的感觉。由于他们仍在不停流动，他们往往是那种疾病的最主要的传播者。

这可能说明了1918年爆发的广泛性，但这仍不能解释为什么流感能潜伏几个月，然后才差不多同时在世界各地猛烈爆发。它对青壮年的伤害最大，这更是个谜。在通常情况下，孩子和老人最容易感染流感，但在1918年的爆发中，死者绝大部分是20～40岁的人。老年人也许早先接触过那种疾病，因此受益于已经获得的抵抗力，但为什么少年儿童同样幸免于难，这是个未知数。最大的谜团是，为什么1918年的流感那样致命，而大多数流感却不是那样的，我们仍然搞不明白。

有几种病毒不时重复出现。一种名叫H1N1的讨厌的俄罗斯病毒分别于1933年、20世纪50年代和70年代在广大地区猛烈爆发。在每次爆发的间歇期间，那种病毒去了哪里，我们仍不清楚。有的人认为病毒藏在野兽体内，不为人们所察觉，然后把黑手伸向新一代人类。谁也无法排除这种可能性：猪大流感会再度出现。

即使猪大流感不出现，别的流感也很可能出现。骇人的新病毒在不断地产生。伊波拉热、拉沙热和马尔堡病经常爆发，然后再度消失，但谁也说不准这些病毒是悄悄隐伏在什么地方，还是仅仅在等待合适的机会以灾难性的方式爆发。现在已经很明显，艾滋病在我们中间停留的时间之长，已经超过了任何人原先的想象。曼彻斯特皇家医院的研究人员发现，1959年死于神秘的不治之症的那名海员，实际上是患了艾滋病。然而，不管什么原因，那种疾病总的来说是悄无声息地潜伏了随后的20年。

别的这样的疾病没有变得那么猖獗，这是个奇迹。直到1969年，拉沙热才在西非首次发现，那是一种极其致命的疾病，我们对其了解甚少。1969年，设在康涅狄格州纽黑文的耶鲁大学实验室里的一名医生在研究拉沙热的过程中倒下了，然而他活了下来。但更加令人吃惊的是，附近有个实验室的一名技术人员虽然没有直接接触病毒，但也感染上了那种疾病，他死了。

幸亏这次爆发就到此为止，但我们不能指望老是那么运气。我们的生活方式招致传染病。空中旅行使传染病病原体轻而易举地在全球传播成为可能。比如说一个伊波拉病毒可以在一天内从非洲贝宁起程，最后抵达纽约，或汉堡，或肯尼亚内罗毕，或同时三个地方。这还意味着，医疗当局需要非常熟悉存在于每个地方的每一种疾病，但这当然是不可能的。1990年，一个家住芝加哥的尼日利亚人在访问故乡的过程中接触了拉沙热，但是回到美国以后才出现症状。他未经诊断就死在一家芝加哥的医院里。在治疗他的过程中，谁也没有采取预防性措施，因为谁也不知道他患的是世

界上最致命、最容易传染的一种疾病。令人称奇的是，别人都没有感染。下一次我们也许就不会那样走运了。

说到这里，我们的话题该回到可见生物的世界来了。

第十五章　生命在前进

要变成化石可不容易。几乎所有的生物，其中 99. 9% 以上，的命运是化为乌有。你的生命火花一旦熄灭，你曾拥有的每个分子都将被啃掉或被冲走，用来形成另一个体系。事情就是那样，即使你把那个不足 1‰的部分变成一小摊微生物而没有被吃掉的话，变成化石的可能性也很小。

若要变成化石，必须具备几个条件。首先，你得死在恰当的地方。只有大约 15% 的岩石能够保存化石，因此倒在一个未来的花岗岩所在地是没有用处的。实际上，死者必须埋在沉积物里，在那里留下个印子，就像泥泞里的一片叶子那样，或者在不接触氧气的情况下腐烂，让骨头和坚硬的部分（在极少数情况下还有较软的部分）里的分子由溶解的矿物质取而代之，按原件创造出一个石化的版本。接着，在化石所在的沉积物经受地球运动的随意挤压、折叠和推动的过程中，化石必须设法保持一种可以识别的形状。最后，尤其重要的是，在藏匿几千万或几亿年以后，还得有人发现，认为这是值得收藏的东西。

据认为，在 10 亿根骨头当中，只有大约 1 根能变成化石。要是那样的话，这意味着今天所有活着的美国人，所能留下的全部化石不过是 50 根左右，即一副完整骨骼的 1/4。当然，这还不等于说，其中任何一块骨头化石将来真的会被发现。记住，它们可以被埋在 930 多万平方千米国土的任何地方，而这些土地只有很小的一部分会被翻动，小得多的部分会被仔细察看。因此，要是这几根骨头的化石能被发现，那简直是个奇迹。从任何一种意义上说，化石越来越稀有了。在地球上生活过的生物当中，大多数都已无影无踪。据估计，在 1 万个物种当中，不足 1 种有化石记录。这本身就是个极其微小的部分。然而，要是你接受普遍认为的关于地球产生过 300 亿种生物的估计，以及理查德・利基和罗杰・卢因在《第六次灭绝》一文中关于 25 万种生物有化石记录的说法，那么那个比例就减少到了只有 1:120000。无论如何，我们掌握的只是地球所产生的所有生命的极少的样品。

而且，我们掌握的记录是极不平衡的。大多数陆生动物当然不会死在沉积物里。它们倒在空旷地方，不是被吃掉，就是任凭腐烂或被风雨剥蚀得一干二净。结果，化石记录极其有利于海生动物，有利到了近乎荒唐的程度。在我们所掌握的化石当中，大约有 95% 是一度在水底而主要是在浅

海里生活的动物的化石。

我提这一切，是为了解释为什么我在阴沉沉的一天前往伦敦的自然史博物馆，会见一位性格开朗、有点不修边幅、非常讨人喜欢的古生物学家，他的名字叫理查德·福泰。

福泰的知识面极广。他是一本幽默而又精彩的书的作者，书名叫做《生命：一部未经授权的传记》。该书涉及创造生命的全过程。但是，他最钟爱的是一种名叫三叶虫的海生动物。那种动物一度充满奥陶纪的海洋，但早已不复存在，除了以化石的形式。三叶虫的身体都有个相同的基本结构，分为三个部分或三片叶——头、尾和胸，三叶虫的名字由此而来。福泰在孩提时代就发现了第一个三叶虫化石，当时他正攀越威尔士圣戴维海湾的岩壁。结果，他一生都对三叶虫着了迷。

他把我带到一个四周都是高高的金属柜子的陈列室。每个柜子上都有许多不深的抽屉，每个抽屉里都塞满了三叶虫化石，总共有 2 万件标本。

“看来真是不少，”他表示同意，“不过，你要记住，成万亿只三叶虫在古代的海洋里生活了成亿年，因此 2 万这个数字不算多。而其中大部分仅仅是不完整的标本。发现一块完整的三叶虫化石对古生物学家来说，仍是一件大事。”

三叶虫最初出现在大约 54000 万年以前，接近复杂生命大爆发即通常所谓的寒武纪大爆发的起始时刻。它们已经完全成形，仿佛从天而降。然后，在 30000 万年以后，三叶虫跟许多别的生物一起在二叠纪大灭绝的时候消失了。那次大灭绝至今仍是个谜。与别的灭绝的生物一样，人们很自然会认为它们是失败者，其实它们是生活过的最成功的动物之一。它们统治了地球 3 亿年，恐龙存在时间的 2 倍，而恐龙本身也是历史上存在时间最长的动物之一。福泰指出，迄今为止，人类的存在时间只有其 5‰长。

三叶虫有那么漫长的支配时间，因此数量激剧增加。大多数个儿始终很小，大约是现代甲虫的大小，但有的大得像盘子。它们总共至少有 5000 属、60000 种。福泰最近出席了在南美召开的一次会议，一位来自阿根廷某个地方大学的学者同他取得了联系。“她有个盒子，里面装满了有意思的东西——在南美从未见过的、实际上在哪儿也没有见过的三叶虫以及许多别的东西。她没有必要的设备来研究三叶虫，也没有资金来寻找更多的三叶虫。世界的很大部分地区还没有考察过。”

“你是指三叶虫？”

“不，指一切。”

在整个 19 世纪，三叶虫几乎是唯一已知的早期复杂生命形式，因而受到大力的采集和研究。三叶虫的最大之谜是它们出现得很突然。福泰说，即使现在，要是你来到合适的岩石结构，一个又一个漫长的历史时期地往里发掘，没有发现可见的生命，然后突然之间，“一个螃蟹大小的完整的 Profallotaspis 或 Elenellus 跳进了你那等候的手里”，这仍可能是一件令人惊喜的事。它们是有肢、有鳃、有神经系统、有触角、“有某种大脑”（用福泰的话来说）、有最古怪眼睛的动物。那种眼睛是由形成灰岩的同一种材料即方解石杆状体形成的，是已知的最早的视觉系统。不仅如此，最早的三叶虫不是只有一个好冒险的品种，而是有几十个品种；不是只出现在一两个地方，而是无处不在。19 世纪的许多思想家以此来证明这是上帝的杰作，用来驳斥达尔文的进化论。他们责问，假如进化是很缓慢的话，他怎么解释那些复杂而又完全成形的动物会出现得如此突然？事实是，他无法解释。

因此，问题似乎永远无法解决，直到 1909 年的某一天，也就是距离达尔文出版《物种起源》50 周年还有 3 个月的时候，一位名叫查尔斯・杜利特尔・沃尔科特的古生物学家在加拿大境内的落基山脉有了一项重大的发现。

沃尔科特生于 1850 年，在纽约州尤蒂卡附近长大。由于父亲在查尔斯小时候突然死去，本来不大富裕的家境变得更不富裕。沃尔科特还是个孩子的时候就发现自己具有寻找化石的本领，尤其是三叶虫。他收藏了一大堆相当不错的标本。路易斯・阿加西斯把标本买了下来，放在自己在哈佛大学的博物馆里，使沃尔科特发了一笔小财——相当于今天的 45000 美元。虽然他只是勉强受过中学教育，在科学方面完全自学成才，但他成了三叶虫问题的一名重要权威。他最先确定三叶虫是节肢动物，该属包括当代的昆虫和甲壳纲动物。

1879 年，沃尔科特任职于新成立的美国地质调查局，担任野外研究员。他干得非常出色，15 年内升到了局长的位置。1907 年，他被任命为史密森学会的秘书，在这个岗位一直干到 1927 年去世。尽管他忙于许多行政事务，但他仍然做野外工作，写出了大量作品。“他的著作塞满了图书馆里的一个书架。”福泰说。需要提一句的是，他还是美国航空学顾问委员会的创始理事，该委员会后来成为美国国家航空和航天局，因此他完全有理由可以被认为是空间时代的鼻祖。

但是，现在人们之所以记得他，是因为 1909 年夏末他在加拿大不列颠

哥伦比亚省菲尔德小镇高处的那项敏锐而又运气的发现。通常的说法是这样的：沃尔科特在他妻子的陪同下正骑马顺着一条山路走去，突然他妻子的马在碎石上滑了一下跌倒了。沃尔科特跳下马来扶她，却发现马将一块页岩翻了个身。页岩里有一种特别古老、特别罕见的甲壳纲动物的化石。天正下着雪，冬天来得很早，因此他们没有久留。但是，到了第二年，沃尔科特一有机会就回到了现场。他沿着岩石估计会滑行的路线攀登了 200 多米，爬到接近山顶的位置。在海拔 2438 米的地方，他发现了一个页岩露头，长度大约相当于城市的一个街区，里面蕴藏着一大批化石，远自复杂生命大爆发之后不久的时候。沃尔科特发现的实际上是古生物学的圣杯。那片露头后来被称之为布尔吉斯页岩，取自它所在的山冈的名字。在很长时间里，正如已故的斯蒂芬·杰伊·古尔德在他深受欢迎的著作《奇异的生命》中所说的，它是“唯一向我们充分展示现代生命起端的地方”。

在阅读沃尔科特日记的过程中，向来细心的古尔德发现，有关发现布尔吉斯页岩的故事似乎有点儿添油加醋，也没有谈到天下着雪——但那是一项非同寻常的发现，这是无可争议的。

我们在地球上只能存在短短的几十年，因此几乎不可能体会到寒武纪大爆发离我们有多么遥远。要是你能以每秒钟一年的速度飞回到过去，那么你要花大约半小时才能抵达耶稣的年代，花三个多星期才能返回人类起始的时刻。但是，你要花上 20 年的时间才能抵达寒武纪初期。换句话说，那是在很久很久以前，当时的世界还是另一个模样。

首先，当 5 亿多年前布尔吉斯页岩形成的时候，它不在山顶上，而是在山脚下。具体来说，它是在一座陡峭悬崖脚下的浅海里。那个时候的大海里充满了生命，但在通常情况下动物没有留下记录，因为它们是软体动物，一死就腐烂了。然而，在布尔吉斯，悬崖崩塌下来，下面的生物被泥石流所埋葬，像压在书里的花朵那样被紧紧压住，从而极其详尽地保留了它们的特征。

从 1910—1925 年，那时候沃尔科特已经步入老年了，他每年夏天都要出门考察，发掘了成千上万件标本（古尔德说是 8 万件，《国家地理杂志》那些通常可靠的事实核对人员说是 6 万件），将其带回华盛顿作进一步研究。无论在数量上还是在品种上，他的收藏品都是无与伦比的。有的布尔吉斯化石带壳，许多不带。品种是极其繁多的，有人统计是 140 种。“布尔吉斯页岩化石所包含的横剖面的花色范围是独一无二的，今天世界海洋里所有的生物加起来也无法与之匹敌。”古尔德写道。

不幸的是，据古尔德说，沃尔科特没有看到自己的发现的重要意义。“沃尔科特把到手的胜利丢了，”古尔德在另一部作品《八只小猪》中写道，“接着便对这些了不起的化石作出了最错误的解释。”沃尔科特用现代的办法来对它们进行分类，把它们看成为今天的蠕虫、水母和其他生物的祖先，因此没有认识到它们的不同之处。“按照这种解释，”古尔德叹息说，“生命以最简单的形式开始，然后不可阻挡地、可以预测地朝着更多、更好的方向发展。”

沃尔科特于1927年去世，有关布尔吉斯化石的事在很大程度上已经被人遗忘。在将近半个世纪的时间里，那些化石被锁在华盛顿美国自然史博物馆的抽屉里，很少有人去查看，根本无人问津。1973年，剑桥大学一位名叫西蒙·康韦·莫里斯的研究生花钱参观了那批收藏品，他被眼前的化石惊呆了。这些化石要比沃尔科特在他著作中提到的壮观得多，品种也多得多。在分类系统中，描述生物体基本横剖面的类别是门。而在这里，康韦·莫里斯得出结论，是一抽屉又一抽屉如此奇特的横剖面——都是那位发现者不知何故没有认识到的，真是令人不可思议。

在随后的几年里，康韦·莫里斯与他的导师哈里·惠廷顿和同学德里克·布里格斯一起，对全部收藏品重新进行了系统的分类。他们注意到一个又一个新的发现，发出一阵又一阵惊叹声。许多生物的横剖面是以前和之后完全没有见过的，简直是奇形怪状的。比如，Opabinia长着5只眼睛和1个鼻子似的喙，末端还有爪子。又如，有个名叫Peytoia的家伙呈盘形，样子滑稽得像一片环形的菠萝。再如，有一个显然曾经用一排排高跷似的腿走过路，样子如此古怪，他们把它命名为致幻虫。这些收藏品中有许许多多不曾认识的新东西，以至于有一次打开另一个抽屉的时候，有人听见莫里斯竟然在说：“哦，真该死，这里面没有一个新的门呀！”

这个英国小组的重新分类表明，寒武纪在动物体形方面是个无与伦比的创新和实验的时代。在差不多40亿年的时间里，生命一直是慢腾腾的，看不出有任何朝着复杂方向前进的雄心壮志；接着，在仅仅500万~1000万年的一段时间里，它创造了所有今天在用的基本体形。你可以点出任何一种动物，从线虫到卡梅伦·迪亚斯，它们使用的都是在寒武纪派对上首创的架构。

然而，最令人吃惊的是，如此之多的体形，打个比方说，却缺少深度，没有留下后代。据古尔德说，在布尔吉斯动物群当中，总共至少有15种，也许多达20种，不属于任何已经确认的门（在有的通俗读物中，这个数字

很快增加到100种之多——远远超过了剑桥大学的科学家们实际宣布的数字)。“生命史,”古尔德写道,“是一个大规模淘汰的故事,接着是少数幸存的品种的分化,而不是个通常认为的不断优化、不断复杂化、不断多样化的故事。”看来,进化的成功真是像玩彩票。

然而,有一种动物确实成功地溜过了关,那是一种蠕虫状的小家伙,名叫 Pikaia gracilens。据发现,它有一根原始的脊柱,从而成了包括我们在内的所有后来脊椎动物的已知的最早祖先。Pikaia 在布尔吉斯化石中根本不多,因此天知道它们是差多么一点儿走向灭绝。古尔德有一句名言,明确说明他认为我们家系的成功是一件十分侥幸的事:“要是把生命的磁带倒回到布尔吉斯页岩的早期,从同一起点把它再放一遍,任何像人类智慧这样的东西会使其重放异彩的可能性极小。”

古尔德的《奇异的生命》于1989年出版,旋即引起议论纷纷,在商业上是个巨大的成功。大家不知道的是,许多科学家根本不同意古尔德的结论,过不多久情况就变得很不像话。联系到寒武纪的氛围,“爆发”很快跟现代人的脾气,而不是跟古代生理上的事实更有关系。

实际上,现在我们知道,复杂的生物至少在寒武纪1亿年以前已经存在。我们本该早就知道。沃尔科特在加拿大的发现过去差不多40年以后,在地球另一侧的澳大利亚,一位名叫雷金纳德·斯普里格的年轻地质学家发现了更加古老、同样不可思议的东西。

1946年,斯普里格还是南澳大利亚州一名年轻的政府助理地质工作者的时候,被派往弗林德斯山脉的埃迪亚卡拉山区调查废弃的矿区。那是阿德莱德以北大约500千米处一大片干旱的内陆地区。目的是想看看那里是不是还有利用新技术可以重新开采的有利可图的旧矿井,因此他根本不是去研究地表岩石,更不是去研究化石的。但是,有一天在吃午饭的时候,斯普里格无意中翻动一块砂岩,说得轻一点也是很吃惊地发现,石头的表面上布满了细微的化石,很像是叶子在泥土里留下的印子。这些岩石比寒武纪大爆发还要早。他看到了起步阶段的可见生命。

斯普里格给《自然》杂志写了一篇论文,但是没有被采用。他转而把论文在澳新科学促进协会的下一次年会上宣读,但没有博得协会头儿的欢心。那位头儿说,埃迪亚卡拉印子只是“由非生物偶然留下的记号”,而是由风吹雨打或潮汐运动形成的图案。斯普里格的希望并没有完全破灭,他来到伦敦,把自己的发现提交给1948年国际地质学大会,但既没有引起兴趣,也没有人相信。最后,在没有更好的出路的情况下,他把自己的成

果发表在《南澳大利亚皇家学会学报》上。接着，他辞去了政府里的职务，开始从事石油勘探工作。

9 年之后，1957 年，一位名叫约翰・梅森的小学生在穿越英格兰中部昌伍德森林的时候，发现一块岩石里有一种古怪的化石，样子很像现代的海笔，跟斯普里格发现的，此后一直想告诉大家的有些标本完全相同。那位小学生把化石交给了莱斯特大学的一位古生物学家。他马上认出那是寒武纪之前的东西。小梅森的照片被刊登在报纸上，他被当做一名早熟的英雄，直到现在，许多书里仍然提到他的事迹。为了纪念他，那个标本被命名为梅森恰尼海鳃属。

今天，斯普里格的埃迪亚卡拉标本原件，与自那以后在整个弗林德斯山脉所发现的其他 1500 件标本中的许多标本一起，陈列在阿德莱德南澳大利亚州博物馆楼上的一个玻璃柜里，但是没有吸引多少注意力。上面蚀出的精美图案不大清楚，对没有受过训练的人来说没有多大吸引力。它们大多很小，呈圆盘形，偶尔带有隐约的条纹。福泰把它们称为“软体怪物”。

这些是什么东西，它们是怎么生活的，人们的看法远非一致。从表面看来，它们没有用来进食的嘴巴，也没有用来排泄废物的肛门，根本没有用来消化食物的内脏器官。“在生活中，”福泰说，“它们大多数很可能就趴在砂质沉积物的表面，就像没有固定形状、毫无生气、软绵绵的比目鱼那样。”在最活泼的时候，它们也不会比水母更复杂。埃迪亚卡拉动物都是双胚层的，即它们由两层组织构成。除了水母以外，今天所有的动物都是三胚层的。

有的专家认为，它们根本不是动物，而更像是植物或真菌。即使现在，植物和动物的界线并不总是很分明。现代海绵一辈子固定在一个地方，既没有眼睛，也没有大脑，更没有搏动的心脏，然而它是动物。“要是我们回到寒武纪之前，植物和动物的区别很可能更不明确，”福泰说，“没有任何规定说，你非得明确不是植物就是动物。”

关于埃迪亚卡拉动物群在哪个方面是不是今天活着的哪种动物（可能除了水母以外）的祖先的问题，意见也很不统一。许多权威把它们看做是一种失败的尝试，想要变成复杂动物而又没有成功，可能是因为懒散的埃迪亚卡拉动物群给吃了个干净，或者在竞争中输给了寒武纪的比较灵活、比较复杂的动物。

“今天活着的没有很类似的动物，”福泰写道，“它们很难被解释成是哪种后来出现的动物的祖先。”

我们觉得，它们对地球上生命的发展最终没有起多大作用。许多权威人士认为，在前寒武纪和寒武纪之交的时候，存在大规模的灭绝现象，埃迪亚卡拉动物群（除了水母不大确定以外）都没有能进入下一阶段。换句话说，正经八百的复杂生命始于寒武纪大爆发。反正古尔德是这么看的。

至于布尔吉斯页岩化石的重新分类，人们几乎马上对那些解释提出质疑，尤其是对古尔德对解释进行的解释。“从一开始，许多科学家就对斯蒂芬·杰伊·古尔德的陈说表示怀疑，尽管他们对他陈述的方法表示赞赏。”福泰在《生活》杂志中写道。这是一种婉转的说法。

“要是斯蒂芬·古尔德想的像他写的一样清楚就好了！”牛津大学学者理查德·道金斯在刊登于《星期日电讯报》一篇评《奇异的生命》的文章开头一行中就说。道金斯承认那本书“令人爱不释手”，是一部“精心杰作”，但指责古尔德在“夸夸其谈，以极不恳切的言辞”歪曲事实，认为布尔吉斯重新分类震惊了古生物学界。“他所攻击的那个观点——进化不可阻挡地朝着顶峰前进，比如人类 50 年来无人相信。”道金斯气呼呼地说。

许多普通的评论员就是那样不大注意分寸。有一位给《纽约时报》的《书评周刊》写文章的人兴高采烈地认为，由于古尔德的作品，科学家们“正抛弃多少代人以来未经仔细审度的先入之见。他们像接受关于人类是有序发展的产物那样，勉勉强强地或热情洋溢地接受关于人类是大自然中的偶然事件的观点”。

但是，对于古尔德的真正批评出于这样的信念：他的许多结论是完全错误的或者是随心所欲地夸大的。道金斯在《进化》杂志上的文章里，攻击古尔德关于“寒武纪的进化不同于今天的进化”的观点，对古尔德反复认为的“寒武纪是个进化‘尝试’、进化‘试错法’、进化‘起步错误’……的时期”表示极大的不满，“那是个发明了所有重大‘基本体形横剖面’的丰产时期。如今，进化只是按照老的体形横剖面修修补补。而在寒武纪，新的门和新的纲不断产生。如今我们只有新的种！”

道金斯注意到，经常有人谈论没有新的体形横剖面，便说：“这就好像有一名园丁望着一棵栎树，惊讶地说：‘真怪呀，这棵树怎么多年来长不出一根新主干？如今，新长出来的都是一些细枝。’”

“这真是个古怪的时代，”福泰这时候说，“尤其是你想到这一切都发生在 5 亿年以前，而人们的情绪却如此之大。我在一本书里开玩笑说，我觉得在写到寒武纪的事之前应当先戴个安全帽，不过我就是有点儿这样的感觉。”

最古怪的反应来自《奇异的生命》中的一位英雄西蒙·康韦·莫里斯。他在自己的一本书《创造的熔炉》里突然对古尔德翻脸，令古生物学界的许多人大吃一惊。“一位专业人员在书里竟然如此怒气冲冲，我可从来没有碰到过，”福泰后来写道，“《创造的熔炉》的普通读者要是不了解历史，绝不会知道作者的观点一度如此接近（如果不是完全相同的话）古尔德的观点。”

当我向福泰问起这件事时，他说：“哎呀，这是很怪的，真的令人吃惊，因为古尔德还是挺器重他的。我只能猜测，西蒙的处境比较尴尬。你要知道，科学是不断变化的，只有书本是永久的。我估计，他后悔跟他现在完全不再持有的观点有着不可抹去的联系。他说过‘哦，真该死，这里面没有一个新的门呀！’这类话。我估计他后悔因此出了名。他的观点曾经与古尔德的观点几乎完全相同，你从西蒙的书里根本看不出来。”

结果，早先寒武纪的化石开始被吹毛求疵地重新评估。福泰和德里克·布里格斯使用了一种所谓进化分支学的方法，把各种布尔吉斯化石进行比较。简单来说，进化分支学就是按照共同的特点将动物进行分类。福泰把鼩鼱和大象进行比较来作为例子。要是你考虑大象个儿很大，鼻子醒目，你就会得出结论，它与小小的、以鼻吸气的鼩鼱毫无共同之处。但是，要是你把二者与蜥蜴进行比较，你就会发现大象和鼩鼱实际上是按照基本相同的横剖面来构建的。实际上，福泰是在说，古尔德看待大象和鼩鼱，就像他和布里格斯看待哺乳动物一样。他们认为，布尔吉斯动物群并不像初看起来那么古怪，那么多种多样。“它们往往不比三叶虫更古怪，”福泰这时候说，“问题仅仅在于，我们已经花了一个多世纪来习惯于三叶虫。你要知道，熟悉了，也就不觉得怪了。”

我应当指出，这不是因为马虎或不重视。根据往往是变了形的和支离破碎的证据来解释古代动物的形态和关系，显然是一件很难办的事。爱德华·威尔逊指出，要是你挑选几种现代昆虫，把它们充作布尔吉斯化石，那么谁也猜不着它们都是属于同一门的，因为它们的体形横剖面是如此不同。现在，又发现了两处寒武纪初期的遗址，一处在格陵兰，一处在中国，再加上一些零星的发现，又获得了许多往往是更好的标本，这些对重新分类也是很有利的。

结果发现，布尔吉斯化石并非差别很大。原来，致幻虫在修复过程中给颠倒了。它的高跷似的腿实际上是它背部的刺。这种样子像一片菠萝的怪物被发现并不是一种与众不同的动物，只是一种名叫纹花虾的较大动物

的组成部分。许多布尔吉斯标本现在已经归到活着的动物的门里——就是沃尔科特最初放置它们的地方。致幻虫和几种别的动物被认为与栉蚕有关系，那是一群毛虫模样的动物。别的已经被重新归类于现代环节动物的先驱。实际上，福泰说："寒武纪造型只有几种是完全新的。它们更往往证明只是已经确认的形态的有意思的发挥。"他在《生活》杂志上写道："再奇也奇不过今天的藤壶，再怪也怪不过白蚁后。"

所以，布尔吉斯页岩标本原来并非那么不可思议。福泰写道，尽管如此，它们"依然很有意思，依然很古怪，只是能解释得比较清楚了"。它们古怪的体形横剖面只是处于一种生气勃勃的青春阶段——在某种程度上类似于进化中的尖毛和舌尖。最后那些形态进入了固定、稳定的中年阶段。

但是，这些动物到底来自何方，它们是怎么突然从无到有的，这仍然是个难以解答的问题。

寒武纪大爆发被证明也许并非爆发得那样厉害。现在认为，寒武纪的动物很可能早就存在，只是小得看不见罢了。又是三叶虫提供了线索，不同种类的三叶虫似乎神秘地散布在全球的广大地区，而且差不多在同一时期出现。

表面看来，大量完全成形而又多种多样的动物的突然出现，似乎能增加寒武纪大爆发的奇妙程度，实际上恰恰相反。一种完全成形的动物，比如三叶虫，突然孤立地出现是一回事，但许多动物在相隔万里的中国和美国纽约的化石记录中同时出现，显然表明我们缺少它们的一大部分历史。这是最强有力的证明，表明它们必定有个祖先，它在早得多的过去开创了那个家系。

现在认为，我们之所以没有发现那些早先的物种，是因为它们太小，无法保存下来。福泰说："机能俱全的复杂动物不一定个儿很大。今天，海洋里充满着微小的节肢动物，它们没有留下化石记录。"他以小小的桡足动物为例，在现代海洋里数以万亿计，群集在浅滩上，它们多得足以使大片海域变黑，而我们对其祖先的全部了解只有一个标本，那是在一条古老的变成了化石的鱼肚子里找到的。

"寒武纪大爆发，如果可以这么称呼的话，更可能是个儿变大，而不是新体形的突然出现，"福泰说，"这种情况可能发生得很快，因此在那个意义上可以说是一次爆发。"这话的意思是，像哺乳动物那样磨蹭了 1 亿年，直到恐龙让道，然后才似乎突然之间在全球大量增加。节肢动物和别的三胚层动物也是一样。它们以半微生物的形态默默地等待，等着占支配地位

的埃迪亚卡拉动物群没落。福泰说："我们知道，恐龙一走，哺乳动物的个儿戏剧性地变大了，但我当然是从地质学的意义上说的。我们仍然在谈论几百万年。"

顺便说一句，雷金纳德·斯普里格最后还是得到了一份荣誉，虽然来得晚了一点。有个早期的主要的"属"像几个物种那样以他的名字命名，被称之为斯普里格属。整个儿发现在后来被叫做埃迪亚卡拉动物群，以他寻找化石的山区名字命名。然而，到那个时候，斯普里格寻找化石的年代早已过去。他离开地质学以后建立了一家很成功的石油公司，最后隐退到他心爱的弗林德斯山脉中的一处庄园并在那里创建了一个野生物保留地。他 1994 年去世时已经是个富豪。

第十六章　多灾多难的生命进程

要是你从人的角度去考虑生命这个问题，显然我们也很难不这么做，生命是个古怪的东西。它迫不及待地起步，但起步以后又似乎不大急着往前走。

想一想地衣。地衣大概是地球上最坚强的可见生物，也是最没有雄心壮志的生物之一。它们会很乐意生长在阳光明媚的教堂墓地里，但它们尤其乐意在别的生物都不愿意去的环境里茂盛生长，在北极荒原，那里除了岩石、风雨和寒冷以外几乎什么也没有，也几乎没有竞争。在南极洲的许多地区，那里实际上别的什么也不长，你却可以看到大片大片的地衣忠诚地依附在每一块风吹雨打的岩石上。

在很长时间里，人们无法理解它们是怎么办到的。由于地衣长在光秃秃的岩石上，既没有明显的营养，也不结出种子，许多人认为它们是变成植物过程中的石头。“无生命的石头自动变成了有生命的植物!”一位名叫霍恩舒克的博士观察者在 1819 年高兴地说。

要是更仔细地观察一下，你便会发现，地衣与其说是具有魔力，不如说是很有意思。它们实际上是真菌和藻类之间的一种伙伴关系。真菌分泌出酸，溶解岩石表面，把矿物质释放出来；藻类将矿物质转变成足够的食物来维持二者。这不是个很激动人心的安排，但显然是个成功的安排。世界上有 2 万多种地衣。

像大多数在恶劣条件下茁壮成长的东西一样，地衣长得很慢。地衣也许要花半个多世纪时间才能长到衬衫纽扣大小。戴维·阿登堡禄写道，因此那些长到餐盘大小的地衣“很可能已经生长了几百年，如果不是几千年的话”，很难想象还有比这成就更小的生存。“它们只是存在，”阿登堡禄接着说，“证明一个感人的事实：连最简单层次的生命，显然也只是为了自身而存在。”

生命只有这点考虑，这点很容易被忽略。作为人类，我们往往觉得生命必须有个目的。我们有计划，有志向，有欲望。我们想要不断利用赋予我们的整个令人陶醉的生命。但是，生命对于地衣来说是什么？它的生存冲动、活着的欲望和我们一样强烈，有可能更加强烈。要是我被告知，我

不得不当几十年林中岩石上的地衣，我认为我会失去继续活下去的勇气。地衣不会。实际上像所有生物一样，它们蒙受苦难，忍受侮辱，只是为了多活一会儿。总之，生命想要存在。但是，这一点很有意思，在大多数情况下，它不想大有作为。

这也许有点儿怪，因为生命有很多时间来施展自己的雄心壮志。请你想象一下，把地球的 45 亿年历史压缩成普通的一天。那么，生命起始很早，出现第一批最简单的单细胞生物大约是在上午 4 点钟，但在此后的 16 小时里没有取得多大进展。直到晚上差不多 8 点 30 分，这一天已经过去 5/6 的时候，地球才向宇宙拿出点成绩，但也不过是一层静不下来的微生物。然后，终于出现了第一批海生植物。20 分钟以后，又出现了第一批水母以及雷金纳德·斯普里格最先在澳大利亚看到的那个神秘的埃迪亚卡拉动物群。晚上 9 点 4 分，三叶虫登场了，几乎紧接着出场的是布尔吉斯页岩那些形状美观的动物。快到 10 点钟的时候，植物开始出现在大地上。过不多久，在这一天还剩下不足 2 小时的时候，第一批陆生动物接着出现了。由于 10 分钟左右的好天气，到了 10 点 24 分，地球上已经覆盖着石炭纪的大森林，它们的残留物变成了我们的煤。第一批有翼的昆虫亮了相。晚上 11 点刚过，恐龙迈着缓慢的脚步登上了舞台，支配世界达 3 刻钟左右。午夜前 20 分钟，它们消失了，哺乳动物的时代开始了。人类在午夜前 1 分 17 秒出现。按照这个比例，我们全部有记录的历史不过几秒钟长，一个人的一生仅仅是刹那工夫。

在这大大压缩的一天中，大陆到处移动，以似乎不顾一切的速度砰地撞在一起。大山隆起又复平，海洋出现又消失，冰原前进又后退。在整个这段时间里，每分钟大约 3 次，在这颗行星的某个地方亮起一道闪光，显示曼森尺度的或更大的陨石撞击了地球。在陨石轰击、很不稳定的环境里，竟然还有东西能存活下来，这是令人惊叹的。实际上，没有很多东西能挺过很长时间。

要了解我们在这部 45 亿年长的电影里登场是极其微末的事，也许还有一种更有效的方法。你把两条手臂伸展到极限，然后想象那个宽度是整个地球史。按照这个比例，据约翰·麦克菲在《海洋和山脉》一书中说，一只手的指尖到另一只手的手腕之间的距离代表寒武纪以前的年代。全部复杂生命都在一只手里，“你只要拿起一把中度粒面的指甲锉，一下子就可以

锉掉人类历史”。

幸亏那种事情没有发生，但将来很可能会发生。我不想在这个时刻散布悲观论调，但地球上的生命有着另一个极其相似的特点：生命会灭绝，而且相当经常。尽管物种们费了九牛二虎之力聚集起来保存自己，但它们经常崩溃和死亡。它们变得越复杂，好像灭绝得越快。为什么那么多生命没有雄心壮志，这也许是一个原因。

因此，只要生命干出勇敢的事，都是一件大事。我们将要讲到，生命向前迈入另一阶段，离开了海洋。这就是极少的大事之一。

陆地是个可怕的环境：炎热，干燥，笼罩在强烈的紫外线辐射之中，没有在水中移动的那种相对轻松的浮力。在陆地上生活，动物们不得不彻底修正它们的结构。要是你用手拿住一条鱼的两端，它的中部就会弯下去，因为它的脊骨不结实，无法支撑自己。为了在离开水以后生存下去，海生动物需要有个新的能够负重的内部架构尤其重要的，也是最明显的是，任何陆生动物必须学会直接从空气里摄取氧气，而不是从水里过滤氧气。这一些都不是微不足道的困难，都需要克服。另一方面，动物们对于离开水有着强大的动力：水底下的环境正变得越来越危险。大陆渐渐合并成一个陆块：泛古陆，这意味着海岸线比以前少多了，因而沿海的栖息地也少了。于是，竞争很激烈。而且，出现了一种新的无所不吃的、令人不安的捕食者。这种动物的体形完全适用于攻击。自出现以来，它在漫长的历史时期里几乎没有变化。它就是鲨鱼。因此，找一个取代水的环境的最佳时刻终于到了。

大约 45000 万年以前，植物开始了占领陆地的进程。与其为伴的还有必不可少的小螨虫和其他动物。植物需要它们来为自己分解死去的有机物质，使之再循环。大动物过了更长的时间才出现，但到了大约 4 亿年以前，它们也大胆地从水里爬了出来。许多通俗插图给我们这样的一种印象：第一批冒险爬上陆地生活的是一种雄心勃勃的鱼，它的样子有点像现代的弹涂鱼，在旱季能从一个水塘跳到另一个水塘，或者甚至是一种完全成形的两栖动物。实际上，陆地上第一批可见的、能四处活动的居民很可能更像现代的潮虫，有时候也被称之为球潮虫或鼠妇。这些都是小虫子（实际上是甲壳纲动物），要是你翻起一块岩石或一根木头，它们常常会惊恐万状。

对于那些学会了从空气中呼吸氧气的动物来说，日子是不错的。在陆

地生命大幅度增加的泥盆纪和石炭纪，空气中的氧的浓度高达 35%（现在是将近 20%）。因此，动物能以惊人的速度长到惊人的个儿。

你也许有理由想知道，科学家们怎么会知道几亿年以前的氧气浓度？答案在于同位素地球化学，这是个不大知名而又十分奇妙的领域。泥盆纪和石炭纪的古代海洋里生活着大批微小的浮游生物，它们躲在小小的保护性壳里。当时和现在一样，浮游生物从大气里吸收氧气，将其与别的元素（尤其是碳）化合，形成了碳酸钙这样的耐久化合物，构筑了自己的壳。在长期碳循环中，不停进行的就是这种化学戏法（在介绍长期碳循环的时候，这种戏法已经在别处讨论过）。

在此过程中，这些微小的生物最后都死了，沉到了海底，慢慢地被压缩成灰岩。在浮游生物带进坟墓的小小原子结构中，有两种非常稳定的同位素——O－16 和 O－18（要是你忘了什么是同位素，那也不要紧。你只要记住，带有超量中子的原子就是同位素）。地球化学家就利用了这一点，因为同位素以不同的速度积聚，取决于同位素形成之时大气里有多少氧或二氧化碳。地球化学家把这两种同位素在古代的储存速度进行比较，就可以知道古代世界的情况——氧气的浓度、空气和海洋的温度、冰期的程度和时间，以及许多别的情况。把对同位素测量的结果和能够说明其他情况（如花粉浓度等）的别的化石残留物结合起来，科学家就能很有把握地重新构筑人类没有见过的整个场景。

氧气之所以能在整个早期陆地生命的时期积聚到十分充足的浓度，主要是因为世界上许多地方存在大量高大的桫椤和大片沼泽地，它们天生就能打乱正常的碳再循环过程。落叶和其他死去的植物性物质不是完全腐烂，而是积聚在肥沃而又潮湿的沉积物之中，最后被挤压成大片的煤层。即使到了现在，那些煤层仍然支撑着大量的经济活动。

高浓度的氧气显然促使生物长得高大。迄今发现的能表明陆地动物最古老的迹象的，是 35000 万年前由一只节肢动物似的家伙留在苏格兰一块岩石上的一条痕迹。它有 1 米多长。在那个时代结束之前，有些节肢动物的身长会超过那个长度 2 倍。

由于存在这种悄悄觅食的动物，那个时期的昆虫渐渐设计出一种对策，能够躲开飞快伸过来的舌头：它们学会了飞行。这也许是不足为怪的。有的昆虫渐渐习惯于这种新的活动方式，而且达到了非常熟练的程度，自那

时以来一直没有改变这种技术。当时和现在一样，蜻蜓能以每小时 50 多千米的速度飞行，能快停，能悬停，能倒飞。要是按照比例的话，蜻蜓能升到的高度比人类的任何飞行器所能达到的要高得多。“美国空军，”有一位评论员写道，“把它们放在风洞里，看看它们是怎么表现的，结果感到望尘莫及。”它们也吞噬浓郁的空气。在石炭纪的森林里，蜻蜓长到大得像乌鸦。树木和别的植物同样长得特别高大，杉叶藻和桫椤长到 15 米的高度，石松长到 40 米的高度。

第一批陆地脊椎动物在一定程度上还是个谜。部分原因是缺少有关的化石，但也要怪一个名叫埃里克・贾维克的脾气怪癖的瑞典人，他的古怪解释和讳莫如深的表现使这方面的进展延误了差不多半个世纪。贾维克是一个瑞典学者考察小组的成员，他们于 20 世纪三四十年代来到格陵兰寻找鱼化石。他们尤其要寻找一种叶鳍型鱼。据推测，那种鱼是所谓的四足动物，即我们和其他所有会行走的动物的祖先。

大多数动物是四足动物，活着的四足动物都有个共同点：有四肢，每肢的尽头最多有 5 个指或趾。恐龙、鲸、鸟、人甚至鱼，都是四足动物，这显然表明，它们出自一个共同的祖先。据认为，这个祖先的线索要在大约 4 亿年以前的泥盆纪寻找。在此之前，陆地上没有行走的动物。在此之后，许多动物在陆地上行走。很走运，那个小组恰好发现一个这样的动物，一个 1 米长的名叫鱼甲龙的动物。分析那个化石的任务落在贾维克身上。他于 1948 年开始研究，这项研究持续了 48 年。不幸的是，贾维克不让别人插手他的研究工作。世界上的古生物学家不得不满足于两篇简短的临时性论文。贾维克在论文中指出，那种动物有四肢，每肢有 5 个指头，确认了它的祖先地位。

贾维克于 1998 年去世。他死了以后，别的古生物学家连忙对那件标本作了仔细研究，发现贾维克把指头或脚趾的数目大大地数错了，并没有注意到那种鱼很可能不会走路。从鳍的结构看来，它支撑不起自身的重量。不用说，这对增进我们对第一批陆地动物的了解没有作出多大贡献。今天，已经知道早期有 3 种四足动物，但没有一种跟数字 5 有关系。总之，我们不大清楚我们是从哪儿来的。

但是，我们毕竟还是来了，虽然达到我们目前这样的卓越状态肯定不总是一帆风顺的。自从陆地上开始有生命以来，它由 4 个所谓的大王朝组

成。第一个大王朝包括行动缓慢的有时候又相当笨重的原始两栖动物和爬行动物。这个年代最著名的动物是异齿龙，那是一种背部有翼的动物，常常与恐龙相混淆（包括卡尔·萨根《彗星》一书中的一处图片说明在内）。异齿龙实际上是一种下孔亚纲动物。我们从前曾经也是下孔亚纲动物。下孔亚纲是早期爬行动物的 4 个主要部之一，其他 3 个部分别是缺孔亚纲、调孔亚纲和双孔亚纲。这些名字只是指在它们的颅骨侧面发现的小孔的数量和位置。下孔亚纲在颞颥下部有 1 个孔；双孔亚纲有 2 个孔；调孔亚纲只有上部 1 个孔。

届时，每个主要的部又分成若干分部。其中有的兴旺，有的衰落。缺孔亚纲产生了鳖。鳖一度似乎快要处于主宰地位，成为这个星球上最先进、最致命的物种，虽然这有点儿荒唐可笑。但是，由于进化比较缓慢，它们保持了长久的生存地位，而不是统治地位。下孔亚纲分成 4 支，只有 1 支闯过了二叠纪。幸运的是，我们恰好属于这一支。它进化成为一个原始哺乳动物家族，被称之为“兽孔目爬行动物”。这类爬行动物构成了第二大王朝。

兽孔目爬行动物的运气不佳，它们的表亲双孔亚纲在进化过程中也繁殖力很强，有的进化成了恐龙。兽孔目爬行动物渐渐被证明不是恐龙的对手，它们无力与这种凶猛的新动物展开势均力敌的竞争，总的来说从记录中消失了。然而，少量进化成了毛茸茸的穴居小动物，在很长时间里作为小型哺乳动物存在，等待合适时机的到来。其中最大的也长不到家猫的大小，大多数的个儿不超过老鼠。最后，这将证明是一条活路。但是，它们还得等待将近 15000 万年，等着第三大王朝即恐龙时代突然告一段落，为第四大王朝和我们自己的哺乳动物时代让路。

每一次大规模的转化，以及其间和其后的许多较小规模的转化，都取决于那个说来矛盾的重要原动力：灭绝。在地球上，说句实在话，物种死亡是一种生活方式，这是个很有意思的事实。谁也不清楚自生命起步以来究竟存在过多少种生物。一般引用的数字是 300 亿种，但是有人估计那个数字高达 4 万亿种。不论其总数是多少，99. 9% 存在过的物种已经不再和我们在一起。“基本的估计是，”芝加哥大学的戴维·劳普喜欢说，“所有的物种都已灭绝。”对于复杂动物来说，一个物种的平均寿命只有大约 400 万年，大致相当于我们人类迄今存在的时间。

当然，灭绝对于受害者来说总是坏消息，但对于一颗有活力的行星来说似乎是一件好事情。“与灭绝相对的是停滞，”美国自然史博物馆的伊恩·塔特萨尔说，“停滞在任何领域都很少是一件好事情。”也许应当指出，我们在这里谈论灭绝，指的是一个漫长的自然过程。由于人类的粗心大意而造成的灭绝完全是另一回事。

地球史上的危机总是与随后的大跃进有关系。埃迪亚卡拉动物群的没落之后是寒武纪的创造性爆发。44000 万年以前的奥陶纪灭绝为大海清除了大量一动不动而靠过滤来进食的动物，为快速游动的鱼类和大型水生爬行动物创造了有利条件，那些动物转而又处于理想地位；当泥盆纪末期又一次灾难给生命又一次沉重打击的时候，它们就把殖民者派上了陆地。在整个历史上，不时发生这样的事。要是这些事件不是恰好以它们发生的方式发生，不是恰好在它们发生的时间发生，现在我们肯定不会在这里。

地球已经目睹了 5 次大的灭绝事件，依次在奥陶纪、泥盆纪、二叠纪、三叠纪和白垩纪，还有许多小的灭绝事件。奥陶纪（44000 万年以前）和泥盆纪（36500 万年以前）分别消灭了大约 80% ~85% 的物种。三叠纪（21000 万年以前）和白垩纪（6500 万年以前）分别消灭了70% ~75% 的物种。但是，真正厉害的是大约 24500 万年前的二叠纪灭绝，它为漫长的恐龙时代揭开了序幕。在二叠纪，至少 95% 从化石记录中得知的动物退了场，再也没有回来。连大约 1/3 的昆虫物种也消失了，这是它们唯一损失最惨重的一次，也是我们最接近全军覆没的一次。

“这确实是一次大规模的灭绝，一次大屠杀，是地球上以前从来没有发生过的。”理查德·福泰说。二叠纪事件对海洋动物的破坏性尤其严重，三叶虫完全消失了，蛤蜊和海胆几乎灭绝。实际上，所有的海生动物都七零八落。据认为，总起来说，在陆地和水里，地球损失了 52% 的“科”以及大约多达 96% 的全部物种。要过很长时间——有人估计，要过长达 8000 万年，物种的总量才会得以恢复。

我们需要记住两点。第一，这些都仅仅是根据资料作出的推测。据估计，二叠纪结束的时候，活着的动物物种数量从 45000 ~240000 种不等。要是你不知道有多少活着的物种，你就不大有把握算出灭绝物种的具体比例。第二，我们在谈论的是物种的而不是单个动物的死亡。就单个动物而言，死亡的数量可能还要多得多——在许多情况下，实际上是全部。存活

下来进入生命下一阶段的物种，几乎肯定都要把自己的存在归功于几个受伤的和残疾的幸存者。

在几次大屠杀之间，还有许多较小的、不大知名的灭绝事件——亨菲利世事件、弗拉尼世事件、法门尼世事件、兰乔拉布里世事件，以及十多个别的事件——它们对物种总量的破坏程度不是很大，但对某些种群往往是个沉重的打击。发生在大约500万年以前的亨菲利世事件中，包括马在内的食草动物差一点儿被一扫而光。马只剩下一个物种，时而出现在化石记录中，表明它一度到了灭绝的边缘。请你想象一部没有马、没有食草动物的人类历史。

对于差不多每种情况，无论是大规模的灭绝还是中等规模的灭绝，我们都感到迷惑不解，不大清楚到底是什么原因。即使去掉了不大切合实际的观点以后，解释灭绝事件原因的理论依然多于事件本身。至少有二十来只可能的黑手被认为是原因或者主要帮手，包括全球变暖、全球变冷、海平面变化、海洋氧气大幅度减少（所谓的缺氧）、传染病、海床大量甲烷泄漏、陨石和彗星撞击、一种所谓“超强风”的猛烈飓风、强烈的火山喷发，以及灾难性的太阳耀斑。

太阳耀斑是一种尤其令人感兴趣的可能性。谁也不知道太阳耀斑会变得多大，因为我们只是从空间时代才开始观测太阳耀斑。但是，太阳是一台大马达，它兴起的风暴是极其巨大的。一次普通的太阳耀斑——我们在地球上甚至还注意不到——释放出相当于10亿颗氢弹的能量，向空间抛出1000亿吨危险的高能粒子。磁层和大气通常一块儿把这些掷回空间，或者把它们安全地引向两极（它们在那里产生地球美丽的极光）。据认为，一次极大的爆发，比如100倍于普通的耀斑，可以毁坏我们稀薄的防御层。那道光华是很壮丽的，但几乎肯定会使暴露在光里的很大部分生物丧命。令人寒心的是，据美国国家航空和航天局喷气推进实验室的布鲁斯·楚鲁塔尼说：“它在历史上不会留下痕迹。”

这一切留给我们的，正如一位研究人员所说，“是大量的猜测和很少的证据”。变冷似乎至少与3次大灭绝事件有关：奥陶纪事件、泥盆纪事件和二叠纪事件。但是，除此以外，大家几乎没有共识，包括某次事件是快速发生的还是缓慢发生的。比如，泥盆纪灭绝事件，脊椎动物迁移到了陆地，至于是在几百万年里发生的，还是在几千年里发生的，还是在热热闹闹的

一天里发生的，科学家们的看法不一。

对灭绝提出令人信服的解释的难度如此之大，原因之一是要大规模灭绝生命是非常困难的。我们从曼森撞击事件中已经看到，你可能受到猛烈的一击，但仍可以充分恢复过来，虽然觉得有点挺不住。因此，地球已经忍受了几千次撞击，为什么偏偏6500万年前的KT事件的破坏性那么大，足以使恐龙遭受灭顶之灾呢？首先，它确实厉害。它的撞击力达到1亿亿吨。这样的爆炸是不容易想象的，但正如詹姆斯·劳伦斯指出的，要是你朝今天地球上的每个活人爆炸一颗广岛型原子弹，你离KT撞击事件的威力仍相差大约10亿颗这类炸弹。然而，仅此一项也许仍不足以消灭地球上70%的生命，包括恐龙在内。

KT陨石还有一个优势，那就是说，要是你是个哺乳动物的话，那是个优势，它在只有10米深的浅海里着落，角度很可能恰好合适，当时的氧气浓度又比现在高10%，因此世界比较容易着火。尤其是，着落地区的海底是由含硫丰富的岩石构成的。结果，那个撞击把一片比利时大小的海底变成了硫酸气雾。在此后的几个月里，地球遭受酸雨的袭击，酸的浓度足以烧伤皮肤。

在某种意义上，还有一个比“是什么毁灭了当时存在的70%的物种？”更大的问题，那就是“剩下的30%是怎么存活下来的？”为什么那个事件对每个存在的恐龙是个灭顶之灾，而别的像蛇和鳄这样的爬行动物却能安然度过劫难？就我们所知，北美的蟾蜍、水螈、蝾螈，以及别的两栖动物没有一个物种灭绝。“为什么这些纤弱的动物能安然无恙地逃过这场空前的灾难？”提姆·弗兰纳里在他精彩的描述史前美国的著作《永久的边疆》里发问。

海洋里的情况十分相似。菊石统统消失了，但它们的表亲鹦鹉螺目软体动物却存活下来，尽管它们有着相似的生活方式。在浮游生物中，有的物种实际上全部覆灭，比如，有孔虫丧失了92%，而像硅藻这样的别的生物尽管体形相似，还同有孔虫在一起生活，却受伤害较轻。

这些都是难以解释的矛盾地方。正如理查德·福泰所说：“仅仅把它们称作‘幸运儿’，这似乎总是不大令人满意。”如果在事件发生之后几个月里到处都是乌黑呛人的烟雾，而情况似乎正是这个样，那么你很难解释许多昆虫竟能存活下来。“有的昆虫，比如甲虫，”福泰指出，“可以在木头

或周围别的东西上生活。但是，像蜜蜂这样的在阳光里飞舞、需要花粉的动物怎么办？说清楚它们幸存的原因是不大容易的。”

尤其是那个珊瑚。珊瑚需要藻类维持生命，而藻类需要阳光。二者都需要稳定的起码温度。在过去几年里，已经有大量关于珊瑚因海水温度变化了 1℃左右而死亡的报道。要是它们连小小的变化都受影响，它们是怎么挺过撞击造成的漫长的冬天的？

还有许多难以解释的区域性差异。灭绝在南半球似乎远不如在北半球那么严重。在很大程度上，尤其是新西兰好像完好无损地挺了过来，而它又几乎没有穴居动物，连它的植物也绝大部分幸免于难，而别处的大火烈度表明，灾难是全球性的。总之，还有许多问题我们搞不清楚。

有的动物再次一片兴旺的景象——包括鳖，真有点儿令人感到意外。弗兰纳里指出，恐龙灭绝之后的时期，可以称之为“鳖时代”。16 个物种在北美存活下来，过不多久又出现了 3 个。

显而易见，家住水里很有好处。KT 撞击消灭了将近 90% 的陆基物种，而生活在淡水里的物种只有 10% 遭殃。水显然起了防热和防火的作用，还可能在随后的萧条岁月里提供了食料。凡是存活下来的陆基动物，都有在危险时刻退缩到安全环境的习惯，钻进水里或地下，二者都能在相当程度上防护外面的灾难。靠搜寻食物来维持生命的动物也有个优势。蜥蜴总的来说不受腐烂尸体里的细菌的伤害，过去如此，现在依然如此。实际上，它们还往往对其怀有好感。在很长时期里，蜥蜴周围显然存在着大量腐烂的尸体。

经常有人提出错误的看法，认为只有小动物才挺过了 KT 撞击。实际上，在幸存者当中有鳄鱼，它们不仅很大，而且比今天的鳄鱼还大 3 倍。不过，总的来说，没错儿，大部分幸存者是行动诡秘的小动物。当世界一片漆黑、布满危险的时候，对于出没于夜间、不挑食物、生性谨慎的小恒温动物来说，它们确实是适得其所。这一些正是我们的哺乳动物祖先所具备的高招。假如我们进化得更加先进，我们很可能已经不复存在。然而，与任何活着的生物一样，哺乳动物觉得自己非常适应那个环境。

不过，情况似乎不像是哺乳动物一哄而上去抢占每一块地盘。“进化可能讨厌出现空缺，”古生物学家斯蒂芬·斯坦利写道，“但空缺往往要花长时间才能填补。”在可能长达 1000 万年的时间里，哺乳动物小心翼翼，保

持很小的体形。在第三纪，要是你有红猫的个儿那么大，你就可以称王称霸了。

但是，一旦起步，哺乳动物就大大地增大了自己的个儿，有时候大到了荒唐的地步。一时之间，出现了犀牛大的豚鼠和二层楼房大的犀牛。食肉动物链里哪里有空缺，哺乳动物马上挺身而出去填补。早年的浣熊家族成员迁移到南美，发现了一个空缺，便演变成熊一般大小和凶猛的动物。鸟类的样子也长得大得失去了比例。有几百万年时间，一种名叫“巨鸟”的不会飞的食肉大鸟可能是北美最凶猛的动物。它肯定是存在过的最威武的鸟。它身高 3 米，体重 350 千克以上，它的喙能把差不多任何令它讨厌的动物的脑袋扯掉。它的家族横行霸道地存在了 5000 万年。然而，1963 年在美国佛罗里达州发现一副骨骼之前，我们压根儿不知道它存在过。

这就引出了我们对灭绝原因缺少把握的另一个原因：贫乏的化石记录。我们已经简单谈到任何一副骨骼变成化石的不可能性，但这类记录的贫乏程度比你想象的还要严重。以恐龙为例。实际上，绝大部分的博物馆展品都是人造的。显赫地放在伦敦自然史博物馆入口处的、为几代游客带来快乐和增长知识的巨大梁龙，完全是用塑料做的，该模型 1903 年在匹兹堡建成，由安德鲁 · 卡内基赠送给该博物馆。纽约的美国自然史博物馆的门厅里有个更加气势宏大的场面：一副巨大的巴罗龙骨骼，在保护自己的幼崽不受一头正张牙舞爪扑过来的异龙的伤害。这是一件令人印象深刻的展品，但也完全是赝品。展出的几百根骨头根根都是模型。要是你参观世界上的几乎任何自然史博物馆，你看到的都是古老的模型，而不是古老的骨头。

实际情况是，我们其实对恐龙了解不多。在整个恐龙时代，已经识别的还不足 1000 种（其中差不多半数是从一件标本得知的），大约相当于现在活着的哺乳动物物种数的 1/4。不要忘记，恐龙统治地球的时间差不多有 3 倍于哺乳动物统治地球的长度。因此，要么恐龙的种类特别少，要么我们对恐龙才知道点儿皮毛。

恐龙时代有几百万年之长，但迄今为止一件恐龙化石也没有找到。即使在白垩纪末期那是我们研究得最多的史前时期。在当时存在过的物种当中，大约 3/4 也许还没有发现。几千头比梁龙更大或比霸王龙更威武的动物也许在地球上游荡过，而我们也许永远不会知道了。直到最近，我们对这个时期的恐龙的全部认识，都出自仅有的大约 300 件标本，仅仅代表了

16 个物种。由于缺少化石记录，许多人认为，恐龙在 KT 撞击发生的时候已经在走向没落。

20 世纪 80 年代末，美国密尔沃基公共博物馆的古生物学家彼得·希恩决定搞一项试验。他在蒙大拿州著名的赫尔克里克地层划出了一片区域，选用 200 名志愿者进行一次仔细的普查。志愿者们精心筛选，捡起了剩下的每一颗牙齿、每一根脊骨和每一片骨头。这项工作花了 3 年时间。当工作结束的时候，他们发现自己已经把白垩纪末期的恐龙化石增加了 2 倍多。这次调查确认，到发生 KT 撞击事件的时候，恐龙的数量还相当多。“没有理由认为，在白垩纪的最后 300 万年里恐龙在渐渐消失。”希恩在报告里说。

我们习惯于认为，我们自己成为生命的主导物种是不可避免的，因此无法理解我们之所以在这里，仅仅是因为来自天外的撞击发生得合时以及其他无意中的侥幸事儿。我们与其他生物只有一个共同点，那就是，在将近 40 亿年时间里，在每个必须的时刻，我们的祖先成功地从一系列快要关上的门里钻了进去。斯蒂芬·杰伊·古尔德有句名言，简要地表达了这个意思：“今天人类之所以存在，是因为我们特定的家族从来没有中断过。”